This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

41

Harvard Medical School

Bowditch Library

The Gift of

Prof. Henry P. Bowditch

Dr. H. P. Bowditch,
HARVARD MEDICAL SCHOOL.
BOSTON, MASS.

UNTERSUCHUNGEN

ZUR

NATURLEHRE

DES

MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

JAC. MOLESCHOTT.

VIII. BAND.

Mit Abbildungen.

GIESSEN, 1862.
FERBER'SCHE UNIVERSITAETS-BUCHHANDLUNG.
(EMIL ROTH.)

HARVARD UNIVERSITY
SCHOOL OF MEDICINE AND PUBLIC HEALTH
LIBRARY
41

Druck der Brühl'schen Univ.-Buch- und Steindruckerei (Fr. Chr. Pietsch) in Giessen.

INHALT

des achten Bandes.

		Seite
I.	Der bewegungvermittelnde Vorgang im Nerven kann auch von einer positiven Schwankung des Nervenstroms begleitet sein. Von Jac. Moleschott	1
II.	Untersuchungen über den Einfluss der Sympathicus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags. Von Jac. Moleschott und Robert Nauwerck	36
III.	Experimenteller Beweis der Theorie, nach welcher der Vagus ein Bewegungsnerv des Herzens ist. Von E. Hufschmid und Jac. Moleschott	52
IV.	Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere. Von G. Valentin	121
V.	Ueber das Chiasma nervorum opticorum des Menschen und der Thiere. Von Alfred von Biesiadecki. Mit 1 Tafel	156
VI.	Eine Notiz zur Anatomie und Bedeutung der Stäbchenschicht der Netzhaut. Von Dr. Gustav Braun	174
VII.	Physiologische Versuche über binoculäres Sehen, angestellt mit Hülfe planparalleler Glasplatten. Von Dr. Alexander Rollett. Mit 2 Tafeln	178
VIII.	Ueber die entoptische Wahrnehmung der Stäbchen- und Zapfenschicht (Membrana Jacobi Retinae). Von Prof. Joh. Czermak	195
IX.	Zur objectiven Erklärung einiger sogenannten subjectiven Gesichtserscheinungen. Von Joh. Czermak	200
X.	Ein histochemischer und ein histologischer Beitrag zur Kenntniss der Nieren. Von Jac. Moleschott	213
XI.	Ueber den Metallglanz. Von Ernst Brücke	225
XII.	Beiträge zur Physiologie der Netzhaut. Von Hermann Aubert	243
XIII.	Ueber die angebliche Hemmungsfunction des Nervus laryngeus superior. Von J. M. Schiff	312

		Seite
XIV.	Beiträge zur Lehre von der Verdauung. Von Ernst Brücke . .	325
XV.	Ueber den feineren Bau der Leber. Von Johann Andrejević .	350
XVI.	Ueber den secundären Widerstand, ein durch den Strom bewirktes Widerstandsphänomen an feuchten porösen Körpern. Von E. du Bois-Reymond	354
XVII.	Ueber den Einfluss constanter galvanischer Ströme auf den zeitlichen Verlauf und die Leitung der Nervenerregung. Von A. von Bezold	415
XVIII.	Fortgesetzte Untersuchungen über die Einwirkung galvanischer Ströme auf Nerven und Muskeln. Von A. von Bezold	419
XIX.	Ueber einen neu entdeckten Weg der pupillenerweiternden Nervenröhren. Von Dr. Coloman Balogh	423
XX.	Beiträge zur Lehre vom Sehen der dritten Dimension. Von Dr. Otto Becker und Dr. Alexander Rollet	435
XXI.	Das Myochronoskop. Von Joh. Czermak	478
XXII.	Bemerkungen zur Lehre vom Mechanismus des Larynxverschlusses. Von Joh. Czermak	489
XXIII.	Die Elementarorganismen. Von Ernst Brücke	495
XXIV.	Ueber den Einfluss des Vagus auf die Bewegung des Magens. Von J. M. Schiff	523
XXV.	Zur Kenntniss der Verbreitung des Hämatin. Von Dr. Alexander Rollett, Assistenten am physiologischen Institute der Wiener Universität	531
XXVI.	Ueber Jodkalium-Elektrolyse und Polarisation durch den Schlag des Zitterwelses. Von E. du Bois-Reymond	549
XXVII.	Die Reizung des verlängerten Marks und des Rückenmarks in ihrem Einfluss auf die Pulsfrequenz. Von E. Hufschmid und Jac. Moleschott	572
XXVIII.	Der Vagus als Bewegungsnerve des Herzens gegenüber den neuesten Angriffen vertheidigt. Von Jac. Moleschott	601

I.

Der bewegungvermittelnde Vorgang im Nerven kann auch von einer positiven Schwankung des Nervenstroms begleitet sein.

Von

Jac. Moleschott.

Als ich vorigen Sommer die von Matteucci empfohlene und von Du Bois-Reymond erprobte unpolarisirbare Zuleitungsvorrichtung zur Untersuchung der elektrischen Eigenschaften thierischer Gewebe am Multiplicator hergerichtet hatte [1]), um die wichtigsten von dem letztgenannten Forscher entdeckten Thatsachen in der Züricher naturforschenden Gesellschaft vorzuweisen, fiel mir während der Vorbereitung der Versuche eine Erscheinung auf, die ich bis dahin nicht gesehen und auch nirgends beschrieben gefunden hatte. Um Material zu sparen, suchte ich nämlich an meinen Probenerven (Ischiadici des Frosches) die negative Schwankung hervorzurufen, nachdem ich vorher die Veränderungen im elektrotonischen Zustande an denselben Nerven beobachtet hatte. Da stellte sich nun wiederholt heraus, dass dieselbe Reizung, die sonst regelmässig eine gute negative Schwankung ergab, zu einer positiven Schwankung führte. Obgleich dieses Ergebniss sich mehrfach wiederholte, blieb ich doch damals im Zweifel, ob es sich hier um eine unregelmässige Erscheinung handelte, die vielleicht auf Rechnung des Absterbens zu schreiben war, oder um eine

1) Vrgl. den VII. Bd. dieser Zeitschrift, S. 121. und. folg.

Nachwirkung des elektrotonischen Zustandes, die sich auch an frischen Nerven mit Sicherheit erzeugen liesse. Ich beschloss daher bei erster Gelegenheit dem Sachverhalt näher nachzuspüren, was im Laufe des vergangenen Winters geschah, mit dem Erfolg, dass ich in dieser Mittheilung den Satz beweisen kann, der die Aufschrift meiner Abhandlung bildet.

Zunächst ergab sich, dass nur dann eine positive Schwankung entstand, wenn der Zuwachs im elektrotonischen Zustande verhältnissmässig bedeutend war, und letzterer wurde vorzugsweise durch die Anwendung schwächerer Ströme erzielt. Die nachfolgende Tabelle liefert hierfür deutliche Belege. Die Nebenschliessung wurde mit Hülfe des Siemens-Halske'schen Rheostaten angebracht, den ich in meinen „Untersuchungen über den Einfluss der Vagus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags" beschrieben habe [1]). Die Zuleitungsvorrichtung behufs der Untersuchung am Multiplicator war ganz die durch Du Bois-Reymond in Schwang gebrachte, nur dass die Kochsalzlösung durch eine gesättigte Auflösung von schwefelsaurem Zinkoxyd und die bekleideten Platinplatten durch amalgamirte Zinkbleche, nach der Vorschrift von Matteucci und Du Bois-Reymond, ersetzt waren. Der Abstand zwischen der abgeleiteten und der erregten Strecke war in allen diesen Versuchen möglichst klein. Als stromzuführender Apparat wurde Du Bois-Reymond's Halter mit den Platinschaufeln benützt. Der Elektrotonus dauerte nicht länger als nöthig war, um die erste Ablenkung der Nadel, durch welche sich sein Zustandekommen verrieth, in ihrem ganzen Umfang beobachten zu können. Ebenso wurde es bei der Reizung mit Wechselströmen gehalten. Wegen der Bezeichnung des Rollenabstandes ist S. 406 meiner oben citirten Abhandlung zu vergleichen.

Das Versuchsthier war eine *Rana temporaria*, das Versuchsobject ein *Nervus ischiadicus* des Thieres, und es war allemal das peripherische Ende des Nerven, welches den Bäuschen auflag.

Der Thontrog des Daniell'schen Elements war mit einer Mischung

---

[1]) Bd. VII. dieser Zeitschrift, S. 404—406.

von 10 Raumtheilen concentrirter Schwefelsäure und 90 Raumtheilen destillirten Wassers geladen, die ich früher kurzweg als 10procentige Schwefelsäure bezeichnet habe.

Tabelle I.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 54′				Ruhe	16°	8°		
2		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 56°	+ 48°
3					Ruhe		6°		
4	„ 57′	„		„	Elektrotonus			— 43°	— 49°
5	12 h.				Ruhe		6°		
6		1 Grove	—8½C.M.	„	Reizung durch Wechselströme			+ 18°	+ 12°!
7	„ 3′				Ruhe		6°		
8		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 42°	+ 36°
9	„ 5′				Ruhe		4°		
10		„		„	Elektrotonus			— 25°	— 29°
11	„ 7′				Ruhe		6°		
12		1 Grove	„	„	Reizung durch Wechselströme			+ 11°	+ 5°!
13	„ 10′				Ruhe		4°		
14		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 38°	+ 34°
15	„ 12′				Ruhe		3°		
16		„		„	Elektrotonus			— 18°	— 21°
17	„ 15′				Ruhe		4°		
18		1 Grove	„	„	Reizung durch Wechselströme			+ 10°	+ 6°!

Wie die Tabelle ausweist, wurde in der abgeleiteten Nervenstrecke jedesmal erst die positive und dann die negative Phase des Elektrotonus hervorgerufen, bevor mit Wechselströmen gereizt ward. Dies waren nämlich die Umstände, unter welchen ich im Sommer des Jahres 1860 die positive Schwankung zuerst beobachtet hatte. Der Zuwachs im elektrotonischen Zustande war in jedem Versuche ein recht bedeutender, zumal wenn man berücksichtigt, dass die constante Ablenkung, welche der Strom des ruhenden Nerven am Multiplicator hervor-

brachte, verhältnissmässig klein war. Die positive Schwankung bei der Reizung durch Wechselströme betrug 12 bis 5°.

Nicht gleich von Anfang wurde die richtige Stärke der Ströme getroffen, durch welche der Elektrotonus erzeugt ward. Erst als ich das Princip der Nebenschliessung anwandte, um die polarisirenden constanten Ströme zu schwächen, lernte ich die positive Schwankung mit Sicherheit erzeugen. Die folgenden Tabellen können als Beispiele dafür dienen, dass auf die Erzeugung eines kleineren Zuwachses im elektrotonischen Zustande nicht positive, sondern negative Schwankung folgt. Die Bedingungen, unter welchen die Versuche angestellt wurden, waren, sofern nicht ausdrücklich Anderes in den Tabellen angegeben ist, dieselben wie bei den in Tabelle I eingetragenen Beobachtungen (vrgl. oben S. 2).

Tabelle II.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	12 h 20′				Ruhe	18°	10°		
2		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 40°	+ 30°
3	„ 23′				Ruhe		10°		
4		„		„	Elektrotonus			− 36°	− 46°
5	„ 25′				Ruhe		8°		
6		1 Grove	−8½ C.M.	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 11°	+ 3°!
7	„ 28′				Ruhe		6°		
8		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 32°	+ 26°
9	„ 30′				Ruhe		6°		
10		„		„	Elektrotonus			− 17°	− 23°
11	„ 33′				Ruhe		6½°		
12		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 6½°	0°
13	„ 35′				Ruhe		6°		
14		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 29°	+ 23°
15	„ 38′				Ruhe		6°		
16		„		„	Elektrotonus			− 14°	− 20°
17	„ 40′				Ruhe		5°		
18		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 1°	− 4°

Tabelle III.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 20′				Ruhe	20°	10°		
2	„ 23′	1 Grove		0	Elektrotonus			+ 50°	+ 40°
3	„ 24′				Ruhe		10°		
4		„		„	Elektrotonus			— 14°	— 24°
5	„ 26′				Ruhe		8°		
6		„	—8½C.M.	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 16°	+ 8°!
7	„ 29′				Ruhe		7°		
8		„		„	Elektrotonus			+ 34°	+ 27°
9	„ 30′				Ruhe		6°		
10		„		„	Elektrotonus			— 14°	— 20°
11	„ 32′				Ruhe		5°		
12		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 2°	— 3°
13	„ 33′				Ruhe		4°		
14		„		„	Elektrotonus			+ 30°	+ 26°
15	„ 35′				Ruhe		4°		
16		„		„	Elektrotonus			— 9°	— 11°
17	„ 36′				Ruhe		4°		
18		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 2°	— 2°

Beide Tabellen (II und III) zeigen das Gemeinsame, dass nur dann die Reizung mit Wechselströmen eine positive Schwankung hervorbrachte, als der positive Zuwachs in dem zuvor erzeugten elektrotonischen Zustande 30° oder mehr betrug (siehe in beiden Tabellen Nro. 2 und Nro. 6). Dagegen besteht zwischen beiden Beobachtungen der Unterschied, dass in dem einen Fall nur 1 Daniell'sches Element bei einer Nebenschliessung von 1000 Meter (Tabelle II), in dem anderen ein Grove'sches Element ohne alle Nebenschliessung (Tabelle III) als erregende Kette gebraucht wurde. Dies beweist also, dass man die positive Schwankung bei Anwendung ziemlich verschiedener Stromstärken erzeugen kann, wenn nur der Zuwachs im elektrotonischen Zustande eine gewisse Grösse erreicht. In der Tabelle I betrug dieser Zuwachs, als das abgeleitete Nervenstück sich in

der positiven Phase betand, jedesmal mehr als 30°, jede Reizung mit Wechselströmen brachte positive Schwankung hervor, und zwar die bedeutendste als der Zuwachs im elektrotonischen Zustande am grössten gewesen war (siehe Tab. I, NN. 2, 4, 6).

Tabelle IV.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 23′				Ruhe	22°	13°		
2	„ 25′	1 Grove	—8½C.M.	1000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 10°	— 3°
3	„ 27′				Ruhe		10°		
4		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 22°	+ 12°
5	„ 29′				Ruhe		10°		
6		„		„	Elektrotonus			— 2°	— 12°
7	„ 30′				Ruhe		10°		
8		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 8°	— 2°
9	„ 37′				Ruhe	18°	9°		
10	„ 40′	1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 36°	+ 27°
11	„ 42′				Ruhe		8°		
12		„		„	Elektrotonus			— 23°	— 31°
13	„ 45′				Ruhe		8°		
14		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 9½°	+ 1½°
15	„ 48′				Ruhe		6°		
16		„	„	5000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 8°	+ 2°
17	„ 51′				Ruhe		7°		
18		„	„	10000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 9°	+ 2°
19	„ 54′				Ruhe		4°		
20		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 22°	+ 18°
21	„ 56′				Ruhe		8°		
22		„		„	Elektrotonus			— 26°	— 34°
23	12 h 1′				Ruhe		5°		
24		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 15°	+ 10°!
25	„ 3¼				Ruhe		3°		
26		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 34°	+ 31°
27	„ 6′				Ruhe		4°		

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
28	12 h 8′	1 Daniell	—8½C.M.	2000 M.	Elektrotonus			— 26°	— 30°
29					Ruhe		4		
30		1 Grove		0	Reizung mit Wechselströmen			+ 6°	+ 2°

Vor der Einleitung des Elektrotonus durch schwache constante Ströme führte die Reizung mit Wechselströmen zu einer negativen Schwankung (Nr. 2). Als dann durch ein Daniell'sches Element bei einer Nebenschliessung von 1000 Meter ein elektrotonischer Zuwachs von nur ± 12° erzielt worden war (Nr. 4, 6), bewirkte die Reizung mit Wechselströmen wieder eine negative Schwankung (Nr. 8). Es wurde daher der elektrotonische Zustand durch einen etwas stärkeren polarisirenden Strom (1 Daniell'sches Element und 2000 Meter Nebenschliessung) hervorgebracht, und nun betrug der Zuwachs in der positiven Phase 27°, in der negativen 31° (Nr. 10, 12). Darauf brachte eine Reizung mit Wechselströmen, die stärker war als in Nr. 8, eine schwache positive Schwankung hervor, die durch stärkere Reizung etwas vergrössert und bedeutend grösser wurde, als nach erneuter Herstellung beider Phasen des Elektrotonus mit starken Wechselströmen gereizt wurde, unter Anwendung eines Grove'schen Elementes ohne Nebenschliessung (vrgl. Nr. 14, 16, 18 und 24). Es wurde im letzten Falle eine positive Schwankung von 10° hervorgerufen, obgleich die constante Ablenkung vor Einleitung der Wechselströme nur noch 5° betrug. Der Nerv war nun aber im fortschreitenden Absterben begriffen, so dass zwar der nochmals erzeugte Elektrotonus in der positiven Phase einen Zuwachs von 31° und in der negativen von 30° hervorbrachte, aber die positive Schwankung, welche die Reizung mit starken Wechselströmen erzeugte, betrug nur noch 2° (Nr. 26, 28, 30).

Tabelle IV bestätigt also, dass ein starker Zuwachs im elektrotonischen Zustande erfordert wird, um mittelst der Reizung durch Wech-

selströme eine positive Schwankung zu erzeugen; sie bestätigt, dass dieser Zuwachs durch verhältnissmässig schwache constante Ströme sich erzielen lässt, die aber für verschiedene Nerven eine verschiedene Stärke besitzen müssen und daher leicht für den einen Nerven ausreichen, während sie für den anderen zu stark oder zu schwach sind; die Tabelle lehrt aber weiter, dass nach Erzeugung eines hinlänglich starken Elektrotonus die grössere positive Schwankung durch stärkere Wechselströme erzeugt wird.

Eine beachtungswerthe Erfahrung, die ich im Laufe dieser Untersuchungen öfters gemacht habe, ist in Tabelle IV. NN. 19 bis 21 verzeichnet. Nachdem nämlich die abgeleitete Strecke des Nerven in die positive Phase des Elektrotonus versetzt worden war, zeigte sich der Strom des ruhenden Nerven stärker als zuvor, so dass die constante Ablenkung der Multiplicatornadel um 4° gewachsen war (von 4° auf 8°).

Die fünfte Tabelle bezieht sich auf den anderen Ischiadicus desselben Frosches, der für die vierte Tabelle gedient hatte, und obwohl diese Tabelle nur eine einfache Bestätigung enthält der in der vorigen Tabelle verzeichneten Ergebnisse, glaube ich sie der Neuheit und Wichtigkeit des Gegenstandes zu lieb gleichfalls veröffentlichen zu müssen. Die Tabelle spricht für sich selbst, ich mache daher nur auf den Umstand aufmerksam, dass in Nr. 11 die constante Ablenkung, welche der Strom des ruhenden Nerven hervorbrachte, wieder um 3° höher liegt als in Nr. 9, nachdem in Nr. 10 Elektrotonus, und zwar in der den Bäuschen aufliegenden Nervenstrecke die positive Phase desselben, erzeugt worden war.

Tabelle V.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	12 h 13'	1 Grove	—8½ C.M.	0	Ruhe	20°	11°		
2	„ 16'				Reizung mit Wechselströmen			— 7°	— 18°

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
3	12 h 19′				Ruhe		11°		
4		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 32°	+ 21°
5	„ 21′				Ruhe		10°		
6		„		„	Elektrotonus			— 12°	— 22°
7	„ 25′				Ruhe		10°		
8		Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 14°	+ 4°!
9	„ 33′				Ruhe		9°		
10		1 Daniell		9000 M.	Elektrotonus			+ 21°	+ 12°
11	„ 35′				Ruhe		12°		
12		„		„	Elektrotonus			— 1°	— 13°
13	„ 37′				Ruhe		10°		
14		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 9°	— 1°
15	„ 40′				Ruhe		7°		
16		1 Daniell		2500 M.	Elektrotonus			+ 15°	+ 8°
17	„ 41′				Ruhe		7°		
18		„		„	Elektrotonus			+ 1°	— 6°
19	„ 44′				Ruhe		6°		
20		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 5°	— 1°

Man wird von vornherein nicht erwarten, dass der Zuwachs im elektrotonischen Zustande eine fest bestimmbare Grösse erreichen muss, damit die nachherige Reizung statt der gewöhnlichen negativen eine positive Schwankung des Nervenstroms erzeuge. Ich werde im weiteren Verlauf dieses Aufsatzes mehre Beispiele zu verzeichnen haben, in denen die Reizung durch Wechselströme eine positive Schwankung erzeugte, obgleich der Zuwachs im elektrotonischen Zustande viel geringer war als in den Fällen, die in den bisher mitgetheilten Tabellen eingetragen sind.

In den Beispielen der positiven Schwankung, die uns bisher beschäftigten, waren vor der Entstehung derselben immer beide Phasen des Elektrotonus in der abgeleiteten Nervenstrecke erzeugt worden.

Dies ist aber nicht nöthig, auch wenn nur die eine Phase des Elektrotonus erzeugt ward, kann eine gute positive Schwankung zur Beobachtung kommen, wie dies aus nachstehender Tabelle ersichtlich ist.

Tabelle VI.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 32′				Ruhe	23°	14°		
2	„ 35′	1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 44°	+ 30°
3	„ 37′				Ruhe		14°		
4		1 Grove	—8½C.M.	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 20°	+ 6°
5	„ 38′				Ruhe		14°		
6		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 34°	+ 20°
7	„ 40′				Ruhe		13°		
8		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 17°	+ 4°
9	„ 41′				Ruhe		12°		
10		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 30°	+ 18°
11	„ 47′				Ruhe		10°		
12		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 23°	+ 13°1
13	„ 49′				Ruhe		6°		
14		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 10°	+ 4°
15	„ 50′				Ruhe		6°		
16		„		1000 M.	Elektrotonus			+ 9°	+ 3°
17	„ 52′				Ruhe		6°		
18		„		5000 M.	Elektrotonus			+ 6½°	+ ½°
19	„ 54′				Ruhe		6°		
20		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 8°	+ 2°

Nur auf einen bedeutenden Zuwachs im elektrotonischen Zustande folgte eine bedeutende positive Schwankung bei der Reizung durch Wechselströme, die grösste bei der starken Reizung (Nr. 12), dagegen ward die positive Schwankung trotz der starken Reizung sehr viel

kleiner (Nr. 20), als die polarisirenden Ströme nur einen schwachen Elektrotonus hervorgerufen hatten (NN. 14, 16, 18).

Was nun die sechste Tabelle als eine Folge der in der abgeleiteten Nervenstrecke ausschliesslich hervorgebrachten positiven Phase ausweist, das lehrt die siebente Tabelle als eine Wirkung der vorausgegangenen negativen Phase des Elektrotonus kennen. Die Angaben beziehen sich auf den zweiten Nerven desselben Exemplars von *Rana temporaria*.

Tabelle VII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	12 h				Ruhe	22°	12°		
2	„ 1′	1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			— 30°	— 42°
3	„ 4′				Ruhe		8°		
4		1 Grove	—8½C.M.	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 16°	+ 8°
5	„ 6′				Ruhe		6°		
6		1 Daniell		„	Elektrotonus			— 16°	— 22°
7	„ 9′				Ruhe		4°		
8		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			0°	— 4°
9	„ 10′				Ruhe		2°		
10		„	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 14°	+ 12°!

Diese Tabelle liefert das erste Beispiel, in welchem nach einem nicht unbedeutenden negativen Zuwachs im elektrotonischen Zustande (— 22° in Nr. 6) die Reizung mit schwachen Wechselströmen zu einer negativen, die Reizung mit starken Wechselströmen dagegen zu einer bedeutenden positiven Schwankung führte (vgl. NN. 8 und 10).

Tabelle VIII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung
1	12 h				Ruhe	16°	10°		
2		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 22°	+ 12°
3	„ 1′				Ruhe		9°		
4		„		„	Elektrotonus			— 2°	— 11°
5	„ 4′				Ruhe		9°		
6		1 Grove	—8½C.M.	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 14°	+ 5°
7	„ 5′				Ruhe		10°		
8		1 Daniell		„	Elektrotonus			— 1°	— 11°
9	„ 7′				Ruhe		9°		
10		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 13½°	+4½°
11	„ 9′				Ruhe		8°		
12		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 19°	+ 11°
13	„ 10′				Ruhe		8°		
14		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 12°	+ 4°
15	„ 13′				Ruhe		8°		
16		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 15°	+ 9°
17	„ 15′				Ruhe		8°		
18		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 12°	+ 4°
19	„ 16′				Ruhe		7°		
20		„	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 20°	+13°!
21	„ 18′				Ruhe		5°		
22		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 12°	+ 7°
23	„ 20′				Ruhe		5°		
24		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 19°	+14°!
25	„ 23′				Ruhe		4°		
26		„	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 18°	+14°!

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
27	12 h. 24′				Ruhe		3°		
28		1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 17°	+14°!
29	„ 25′				Ruhe		4°		
30		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 16°	+ 12°
31	„ 27′				Ruhe		4°		
32		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 14°	+ 10°
33	„ 29′				Ruhe		4°		
34		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 13°	+ 9°
35	„ 31′				Ruhe		3°		
36		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 11°	+ 8°

So oft mit Wechselströmen gereizt wurde, in der ganzen Versuchsreihe, entstand positive Schwankung. Bevor sie zum ersten Mal eintrat, waren in der abgeleiteten Nervenstrecke beide Phasen hervorgerufen worden, nachher vor jeder Reizung mit Wechselströmen nur eine von beiden, und zwar von Nr. 12 an immer nur die positive Phase. Die stärksten negativen Schwankungen wurden wiederum hervorgebracht, als 1 Grove'sches Element den Inductionsapparat in Gang setzte, ohne dass in den Kreis der inducirten Ströme eine Nebenschliessung aufgenommen war. In Nr. 18 befanden sich 2000 Widerstandseinheiten in der Nebenschliessung, und die positive Schwankung betrug nur 4°; in Nr. 20 war die Nebenschliessung entfernt, und dann ergab sich eine positive Schwankung von 13°.

Das bemerkenswertheste Ergebniss dieser Versuchsreihe besteht

aber darin, dass siebenmal hinter einander während der Reizungen eine positive Schwankung erzielt werden konnte, ohne dass zwischen die einzelnen Reizungen die Anwendung eines constanten Stromes eingeschoben wurde. Mit der Stärke des Stromes im ruhenden Nerven nahm auch die Grösse der positiven Schwankung ab, aber selbst als die constante Ablenkung, welche der ruhende Nerv hervorbrachte, nur noch 3° betrug, bewirkte die starke Reizung mit Wechselströmen noch eine positive Schwankung von 8° (vgl. NN. 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36).

Tabelle IX. giebt eine Bestätigung der Tabellen VI bis VIII.

Tabelle IX.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 50′				Ruhe	28°	14°		
2		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 46°	+ 32°
3	„ 54′				Ruhe		15°		
4		1 Grove	—8½C.M.	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 22°	+ 7°
5	„ 55′				Ruhe		14°		
6		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 42°	+ 28°
7	„ 56′				Ruhe		14°		
8		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 18°	+ 4°
9	„ 57′				Ruhe		14°		
10		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 34°	+ 20°
11	„ 59′				Ruhe		10°		
12		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 32°	+ 22°!
13	12 h 1′				Ruhe		8°		
14		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			— 6°	— 14°
15	„ 3′				Ruhe		10°		
16		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 22°	+ 12°

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
17	12 h 6′				Ruhe		6°		
18		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			— 7°	— 13°
19	„ 8′				Ruhe		6°		
20		1 Grove	—8½C·M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 20°	+14°!
21	„ 10′				Ruhe		6°		
22		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			— 2°	— 8°
23	„ 12′				Ruhe		6°		
24		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 12°	+ 6°
25	„ 13′				Ruhe		4°		
26		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 4°	0
27	„ 14′				Ruhe		4°		
28		„		„	Elektrotonus			+ 4°	0
29	„ 15′				Ruhe		5°		
30		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 5°	0
31	„ 17′				Ruhe		5°		
32		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 5°	0
33	„ 20′				Ruhe		2°		
34		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 5°	+ 3°
35	„ 21′				Ruhe		2°		
36		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 4°	+ 2°
37	„ 23′				Ruhe		3°		
38		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 3°	0

Abgesehen von der in dieser Tabelle verzeichneten Bestätigung des Satzes, dass nur Eine Phase des Elektrotonus vorausgegangen zu sein braucht, um durch Wechselströme positive Schwankung zu erzeugen, und zwar eine grössere, wenn mit starken Wechselströmen

gereizt wird (Nr. 12: positive Schwankung von 22 °), — lehrt diese Beobachtungsreihe, dass man keine positive Schwankung erzielt, wenn der Zuwachs im elektrotonischen Zustande = 0 war. In Nr. 26 wurde der constante Strom so eingeleitet, dass in dem auf den Bäuschen liegenden Nervenstück positive, in Nr. 28 so, dass negative Phase des Elektrotonus hätte entstehen müssen, aber in beiden Fällen entstand gar kein elektrotonischer Zuwachs. Als nun bei derselben Stärke mit Wechselströmen gereizt wurde, die vorher zu einer positiven Schwankung von 22 bis 6° geführt hatte (Nr. 12, 16, 20, 24), entstand gar keine Schwankung der Nadel (Nr. 30, 32). In Nr. 34 wurde wieder eine kleine positive Schwankung (von 3°) beobachtet, und in Nr. 36 ward nun wieder positive Phase des Elektrotonus mit einem Zuwachs von 2° in dem abgeleiteten Nervenstück erzielt. Dennoch wurde später, in Nr. 38, durch die Wechselströme keine Schwankung hervorgerufen.

Im Zusammenhang mit diesen Beobachtungen ist es von besonderer Wichtigkeit, dass gelegentlich eine gute negative Schwankung beobachtet wird, obwohl die Einleitung der positiven Phase des Elektrotonus in dem auf den Bäuschen liegenden Nervenstück ohne Erfolg versucht wurde. Ich theile ein Beispiel dieser Art in der folgenden Tabelle mit. Es wurde keine Nebenschliessung angewandt. Das Versuchsobjekt war, wie bisher, der *N. ischiadicus* von *Rana temporaria*.

Tabelle X.

Nummer der Beobachtung.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	1 Grove	— 8½ C. M.	Ruhe Elektrotonus	14°	6°	+ 6°	0
2	„		Reizung mit Wechselströmen			— 4°	+ 10°
3							

Tabelle XI.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	12 h 3′				Ruhe	22°	12°		
2		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			— 8°	— 20°
3	„ 4′				Ruhe		11°		
4		1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 17°	+ 6°
5	„ 6′				Ruhe		9°		
6		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 16°	+ 7°
7	„ 7′				Ruhe		9°		
8		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 18°	+ 9°
9	„ 8′				Ruhe		8°		
10		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			— 2°	— 10°
11	„ 10′				Ruhe		8°		
12		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 16°	+ 8°
13	„ 11′				Ruhe		7°		
14		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 14°	+ 7°
15	„ 13′				Ruhe		6°		
16		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 16°	+ 10°
17	„ 15′				Ruhe		6°		
18		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			— 2°	— 8°
19	„ 17′				Ruhe		6°		
20		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 16°	+ 10°
21	„ 18′				Ruhe		6°		
22		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 11°	+ 5°
23	„ 19′				Ruhe		5°		
24		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			— 3°	— 8°
25	„ 21′				Ruhe		4°		
26		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			— 2°	— 6°
27	„ 22′				Ruhe		4°		

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
28		1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			— 3°	— 7°
29	12 h 23′				Ruhe		4°		
30		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 9°	+ 5°
31	„ 25′				Ruhe		2°		
32		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			— 3°	— 5°
33	„ 27′				Ruhe		1°		
34		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			— 1°	— 2°
35	„ 29′				Ruhe		1°		
36		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 1°	0

Die ersten fünf Anwendungen der Reizung durch Wechselströme hatten sämmtlich positive Schwankung zur Folge, obwohl jedem Reizversuch nur Eine Phase des Elektrotonus voranging und zwar abwechselnd negative und positive.

Vergleicht man die vier ersten positiven Schwankungen, welche durch die Reizung hervorgebracht wurden, mit einander, dann findet man, dass auf die negative Phase des Elektrotonus, selbst wenn der Zuwachs in ihr grösser war als in der positiven, die schwächere positive Schwankung bei der Reizung durch Wechselströme folgte. Um die Vergleichung zu erleichtern, gebe ich folgende Uebersicht.

Ausschlag der Nadel in der negativen Phase: 20°, positive Schwankung 6°,
„ „ „ „ „ positiven „ 7°, „ „ 9°,
„ „ „ „ „ negativen „ 10°, „ „ 8°,
„ „ „ „ „ positiven „ 7°, „ „ 10°.

Eine ähnliche Erfahrung ist in Tabelle IX, Nr. 10 bis 16 mitgetheilt, nur dass dort der positive Zuwachs im elektrotonischen Zustande grösser war, als der negative.

Ausschlag der Nadel in der positiven Phase: 20°, positive Schwankung 22°,
„ „ „ „ „ negativen „ 14°, „ „ 12°.

Hiernach scheint die vorausgegangene positive Phase eine mächtigere Bedingung für das Auftreten der positiven Schwankung in dem durch Wechselströme gereizten Nerven abzugeben, als die vorausgegangene negative Phase.

Nachdem ich gefunden hatte, dass die Reizung durch inducirte Ströme nicht bloss, wenn beide Phasen des Elektrotonus vorausgegangen sind, eine positive Schwankung erzeugen kann, sondern auch, wenn nur eine von beiden vorausging, habe ich eine Reihe von Versuchen angestellt, um zu ermitteln, ob man etwa auch von vornherein durch die Inductionsreizung in Nerven, deren Strom die regelrechte Ablenkung der Multiplicatornadel bedingt, eine positive Schwankung hervorrufen kann. In den nächstfolgenden Tabellen sind eine Reihe von Erfahrungen niedergelegt, welche auf die angeregte Frage Antwort geben.

Tabelle XII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 20′				Ruhe	16°	7°		
2	„ 25′	1 Grove	—8½C.M.	1000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 10°	+ 3°
3	„ 27′				Ruhe		6°		
4	„ 27′	„	„	2000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 10°	+ 4°
5	„ 30′				Ruhe		4°		
6		„	„	3000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 8°	+ 4°
7	„ 32′				Ruhe		4°		
8		„	„	5000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 9°	+ 5°
9	„ 35′				Ruhe		2°		
10		„	„	8000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 8°	+ 6°

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
11	11 h. 37′				Ruhe		2°		
12		1 Grove	—8½C.M.	10000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 3°	+ 1°
13	„ 39′				Ruhe		2°		
14		„	„	5000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 3°	+ 1°
15	„ 41′				Ruhe		1°		
16		„	„	3000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 2°	+ 1°

Tabelle XIII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 37′				Ruhe	18°	11°		
2	„ 40′	1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 51°	+ 40°
3	„ 43′				Ruhe		5°		
4		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 35°	+ 30°
5	„ 44′				Ruhe		4°		
6		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 12°	+ 8°
7	„ 46′				Ruhe		5°		
8		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 36°	+ 31°

Tabelle XIV.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	12 h 25′	1 Grove	—8½ C.M.	1000 M.	Ruhe	26°	11°		
2	„ 28′				Reizung mit Wechselströmen			+ 11°	0
3	„ 30′				Ruhe		11°		
4		„	„	5000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 16°	+ 5°
5	„ 31′				Ruhe		9°		
6		„	„	10000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 16°	+ 7°
7	„ 33′				Ruhe		8°		
8		„	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 30°	+ 22°!

Tabelle XV.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	12 h 38′	1 Grove	—8½ C.M.	0	Ruhe	16°	10°		
2					Reizung mit Wechselströmen			+ 13°	+ 3°
3	„ 40′				Ruhe		12°		
4		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 10°	— 2°

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
5	12 h 43′				Ruhe		8°		
6		1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 5°	— 3°
7	„ 45′				Ruhe		8°		
8		„	„	5000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 6°	— 2°
9	„ 47′				Ruhe		8°		
10		„	„	2000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 7½°	— ½°
11	„ 50′				Ruhe		6°		
12		„	„	1000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 6°	0
13	„ 52′				Ruhe		4°		
14		1 Daniell		„	Elektrotonus [1]			+ 4°	0
15	„ 53′				Ruhe		4°		
16		„		5000 M.	Elektrotonus [1]			+ 4°	0

[1]) Der constante Strom hatte dieselbe Richtung wie der Nervenstrom in der abgeleiteten Strecke, es hätte also positiver Zuwachs im elektrotonischen Zustande eintreten müssen, falls eine wahrnehmbare Polarisirung des Nerven erfolgt wäre.

Tabelle XVI.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h. 15′				Ruhe	23°	14°		
2		1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 9°	— 5°

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
3	11 h 19′				Ruhe		14°		
4		1 Grove	—8½ C.M.	1000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 10°	— 4°
5	„ 21′				Ruhe		13°		
6		„	„	500 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 9°	— 4°
7	„ 22′				Ruhe		12°		
8		„	„	100 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 9°	— 3°
9	„ 25′				Ruhe		12°		
10		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus [1]			+ 12°	0
11	„ 28′				Ruhe		12°		
12		„		„	Elektrotonus [1]			+ 12°	0
13	„ 30′				Ruhe		10°		
14		1 Grove	„	5000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 5°	— 5°
15	„ 32′				Ruhe		8°		
16		„	„	1000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 7°	— 1°

[1]) Der polarisirende Strom war so gerichtet, dass, falls ein ordentlicher Elektrotonus eingetreten wäre, ein positiver Zuwachs im elektrotonischen Zustande hätte entstehen müssen.

Tabelle XVII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 52′				Ruhe	29°	15°		
2	„ 55′	1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 21°	+ 6°
3	„ 57′				Ruhe		8°		
4		2 „	0	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 2°	— 6°
5	„ 59′				Ruhe		8°		
6		1 „	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 3°	— 5°
7	12 h				Ruhe		7°		
8		1 „	„	1000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 2°	— 5°
9	„ 2′				Ruhe		7°		
10		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 15°	+ 8°
11	„ 4′				Ruhe		7°		
12		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 6°	— 1°
13	„ 6′				Ruhe		6°		
14		1 Daniell		5000 M.	Elektrotonus			+ 8°	+ 2°
15	„ 7′				Ruhe		6°		
16		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 5°	— 1°

Aus den Tabellen XII, XIII, XIV, XV und XVII geht hervor, dass der Multiplicator in der abgeleiteten Strecke eines durch Wechselströme gereizten Nerven eine positive Schwankung anzeigen kann, ohne dass vorher ein constanter Strom auf den Nerven eingewirkt hatte.

Es ist kaum nothwendig, darauf hinzuweisen, dass es sich hierbei um einen besondern Zustand des Nerven handeln muss, da die von

Du Bois-Reymond entdeckte negative Schwankung, die von so vielen Physiologen bestätigt wurde, auch von mir unzählige Male gesehen und vorgewiesen worden ist. Dagegen ist es nicht überflüssig, an jene wichtige Thatsache zu erinnern, weil sie uns als Leitfaden dienen muss bei dem Versuch, die dennoch unter gewissen Umständen bei der Reizung durch Wechselströme auftretende positive Schwankung gebührend zu würdigen.

Um dies su thun, wollen wir zunächst die in den vorangehenden Tabellen registrirten Beobachtungen etwas genauer zergliedern.

Tabelle XIII lehrt uns, dass in den Fällen, in welchen die Reizung mit Wechselströmen eine ansehnliche positive Schwankung hervorruft, auch ein bedeutender Zuwachs im elektrotonischen Zustande durch polarisirende Ströme hervorgerufen werden kann. Bei einer Reizung durch starke Wechselströme ergab sich eine positive Schwankung von 40°, und bald darauf betrug der durch eine schwache polarisirende Kette erzeugte Zuwachs in der positiven Phase 30°. Schwächere Wechselströme bewirkten dann eine positive Schwankung von 8°, und ein polarisirender Strom von gleicher Stärke, wie der zuvor angewandte, erzeugte einen Elektrotonus mit positivem Zuwachs von 31° in der abgeleiteten Nervenstrecke.

Vergleicht man hiermit die Tabellen XV bis XVII, so findet man darin, dass in allen den Fällen, in welchen die Inductionsreizung statt der positiven die gewöhnliche negative Schwankung bewirkte, durch die schwachen polarisirenden Ströme entweder gar kein dem elektrotonischen Zustande entsprechender Zuwachs (Tabelle XV, Nr. 12, 14, 16, Tabelle XVI, Nr. 10 und 12), oder nur ein geringer Zuwachs (siehe Tabelle XVII, Nr. 10 und 14) beobachtet werden konnte.

Offenbar ist von vornherein eine zweifache Verkettung jener nach einander beobachteten Thatsachen, einer positiven Schwankung und der Möglichkeit einen starken Zuwachs im elektrotonischen Zustande hervorzurufen, denkbar. Entweder die Erzeugung eines elektrotonischen Zustandes mit bedeutendem (positivem oder negativem) Zuwachs des elektromotorischen Vermögens des Nerven ist die ursächliche Bedingung der positiven Schwankung, und dann müsste man annehmen, dass der Elektrotonus sich so rasch entwickeln kann, dass sogar die

flüchtigen Wechselströme ihn in einem hinlänglichem Grade hervorzurufen vermögen, um selbst die positive Schwankung als eine Folge ihrer Einwirkung vorzubereiten. Oder der Zuwachs im elektrotonischen Zustande, wie er durch einen polarisirenden Strom hervorgebracht wird, ist nichts als ein Anzeichen, dass sich der Nerv in dem eigenthümlichen Zustande befindet, welcher erfordert wird, damit man durch Wechselströme eine positive Schwankung erzielen könne. Beide Annahmen würden erklären, warum keine positive Schwankung durch die Inductionsreizung entsteht, wenn der Multiplicator bei Anwendung einer starken Kette nur einen geringen oder gar keinen Zuwachs im elektrotonischen Zustande hervorruft.

Ich entscheide mich für die erste der beiden aufgestellten Möglichkeiten, und zwar aus folgenden Gründen:

erstens, weil man in der überwiegend grossen Mehrzahl der Fälle, wenn der Nerv nicht zuvor eine messbare Zeit im Elektrotonus verharrte, durch die Reizung mit Wechselströmen eine negative Schwankung des ursprünglichen Nervenstroms hervorbringt;

zweitens, weil Fälle vorkommen, in welchen eine Reizung von derselben Stärke, die nach dem Einleiten eines kräftigen Elektrotonus positive Schwankung erzeugte, vorher eine kräftige negative Schwankung hervorrief (vgl. Tab. V, S. 8, 9);

drittens, weil, wenn man wiederholt vergebens versucht hat, nach Einleitung eines schwächeren Elektrotonus positive Schwankung zu erzeugen, dies sogleich gelingt, wenn man mit demselben Nerven weiter experimentirend, die richtige Stärke des polarisirenden Stroms getroffen und einen stärkeren Zuwachs im elektrotonischen Zustande erzielt hat (vgl. unten Tabelle XVIII);

viertens, weil schwache Wechselströme nur dann eine ansehnliche positive Schwankung hervorbringen, wenn zuvor während einer messbaren (obwohl immerhin kurzen) Zeit Elektrotonus bestanden hatte.

Hiernach wäre die bedeutende positive Schwankung, welche bisweilen starke Wechselströme ohne vorausgegangene Einwirkung eines constanten Stroms erzeugen, dadurch zu erklären, dass die flüchtigen Wechselströme nur dann es vermögen einen (wegen des schnellen Wechsels der Phasen am Multiplicator nicht wahrnehmbaren) hinläng-

lich starken Elektrotonus hervorzurufen, wenn die Wechselströme eine gewisse Stärke besitzen. Jedenfalls liegt nichts Unwahrscheinliches darin, dass dieselbe Veränderung, welche ein schwacher constanter Strom in längerer Zeit hervorruft, von einem starken inducirten Strom in einem sehr kleinen Zeitmoment herbeigeführt werde.

Dass es aber ohne vorausgegangene Anwendung einer constanten Kette nur durch starke Wechselströme gelingt, eine bedeutende positive Schwankung einzuleiten, kann um so weniger befremden, da auch diejenigen Nerven, in deren abgeleiteter Strecke zuvor eine oder beide Phasen des Elektrotonus mittelst einer constanten Kette hervorgerufen wurden, nur dann, wenn starke Wechselströme (ohne Nebenschliessung) auf sie einwirken, eine ansehnliche positive Schwankung geben (vgl. Tabelle IX). Ja, es giebt sogar Fälle, in welchen nach Hervorbringung eines guten Elektrotonus die Reizung mit schwächeren Wechselströmen eine negative, die mit starken Wechselströmen dagegen eine starke positive Schwankung erzeugt (vgl. Tabelle VII). Danach ist es nicht auffallend, dass, wenn die elektrotonische Veränderung nur ganz flüchtig durch Wechselströme eingeleitet ward, um so unerlässlicher die Einwirkung starker Inductionsreizung erfordert wird, um eine erhebliche positive Schwankung zu erzielen (vgl. Tab. XIII und XIV).

Wiederholt habe ich die Erfahrung gemacht, dass Nerven, welche nach oder ohne vorherige Anwendung eines constanten polarisirenden Stroms bei der Reizung durch Wechselströme im Anfang ein oder mehrere Male eine positive Schwankung gezeigt hatten, nach einiger Zeit bei gleicher oder ähnlicher Reizung eine negative Schwankung ihres ursprünglichen Stromes beobachten liessen (vgl. die Tabellen II, III, V, XI, XV, XVII, XVIII). In Tabelle II ist eine Beobachtungsreihe verzeichnet, in welcher nach jedesmaliger Einleitung eines guten Zuwachses in beiden Phasen des elektrotonischen Zustandes die gleiche Reizung mit Wechselströmen erst zu einer positiven Schwankung, dann zu gar keiner, und noch später zu einer negativen Schwankung des Nervenstroms führte. Hält man hiermit zusammen, dass auch der kräftige Elektrotonus, welcher als ursächliche Bedingung einer ansehnlichen positiven Schwankung betrachtet werden muss, vorzugsweise frischen Nerven eignet, so muss man annehmen, dass die

Fähigkeit des Nerven, die Existenz des bewegungvermittelnden Vorganges durch eine positive Schwankung seines ursprünglichen Stromes zu verrathen, an ein kräftigeres, d. h. an ein vom Tode weiter entferntes Lebensstadium gebunden ist, als dasjenige ist, in welchem man durch die Reizung mit Wechselströmen nur negative Schwankung erzielen kann.

Dass die Reizung durch Wechselströme von der Stärke, wie sie in den meisten Versuchen zur Anwendung kamen (1 Grove und Du Bois-Reymond's Schlittenapparat ohne Nebenschliessung), nicht bloss positive Schwankung des Nervenstroms, sondern auch kräftigen Tetanus in den Muskeln hervorruft, bedarf keiner Erinnerung. Wo eine Nebenschliessung angewandt wurde, habe ich mich überzeugt, dass die Reizung stark genug war, um den Gastrocnemius des Froschpräparats in Tetanus zu versetzen.

Für die Beurtheilung der Grösse der Nadelablenkungen, welche die Ströme der ruhenden Nerven am Multiplicator hervorriefen, ist es nicht unwesentlich zu bemerken, dass alle die im Obigen mitgetheilten Versuche in den Monaten Januar und Februar des Jahres und zwar, wie oben erwähnt, bei *Rana temporaria* angestellt worden sind.

So weit war meine Untersuchung, bei der ich von den Herren Hufschmid, Gascard und Nauwerck getreulich unterstützt ward, abgeschlossen, als mir Herr Hufschmid aus der chirurgischen Klinik des Züricher Kantonsspitals einen Unterarm brachte, den mein College, Herr Professor Billroth, wenige Minuten zuvor einer Frau amputirt hatte, deren linke Hand nebst einem Theil des Arms Tags vorher durch eine Maschine abgequetscht worden war. Das physiologische Laboratorium der Züricher Hochschule stösst an das Kantonsspital und der Corridor des einen Gebäudes führt unmittelbar in den des andern, so dass der abgenommene Arm nicht durch's Freie getragen zu werden brauchte, um in mein Arbeitszimmer zu gelangen.

Wir benutzten den *Nervus ulnaris* für die uns hier beschäftigenden Studien und brachten das peripherische Ende des Nerven auf die

Bäusche der Zuleitungsvorrichtung. Unsere Beobachtungen an diesem Nerven sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle XVIII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 20'				Ruhe	H[1]	45°		
2	35 Minuten nach der Amputation	1 Daniell	—8½ C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 41°	— 4°
3					Ruhe		38°		
4		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 36°	— 2°
5					Ruhe		38°		
6		„		1000 M.	Elektrotonus			+ 41°	+ 3°
7					Ruhe		38°		
8		„	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 38°	0
9					Ruhe		38°		
10		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 38°	0
11					Ruhe		41°		
12		„		„	Elektrotonus			+ 54°	+ 13°
13					Ruhe		41°		
14		„		„	Elektrotonus			+ 21°	— 20°
15					Ruhe		41°		
16		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 51°	+ 10°!
17					Ruhe		41°		
18		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 49°	+ 8°!
19					Ruhe		41°		
20		„		„	Elektrotonus			+ 51°	+ 10°

[1]) H bedeutet, dass die Nadel an die Hemmung geworfen wurde.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
21					Ruhe		41°		
22		1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 28°	— 13°
23					Ruhe		41°		
24		„		„	Elektrotonus			+ 49°	+ 8°
25					Ruhe		41°		
26		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 29°	— 12°
27					Ruhe		41°		
28		„		„	Elektrotonus			+ 51°	+ 10°
29					Ruhe		41°		
30		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 30°	— 11°
31					Ruhe		40°		
32		„		„	Elektrotonus			+ 27°	— 13°
33					Ruhe		40°		
34		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 32°	— 8°
35					Ruhe		40°		
36		„		„	Elektrotonus			+ 48°	+ 8°
37					Ruhe		40°		
38		„		„	Elektrotonus			+ 27°	— 13°
39					Ruhe		40°		
40		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 32°	— 8°
41					Ruhe		39°		
42		„		„	Elektrotonus			+ 48°	+ 9°
43					Ruhe		39°		
44		„		„	Elektrotonus			+ 24°	— 15°
45					Ruhe		39°		
46		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 26°	— 13°
47					Ruhe	60°	32°		
48		„		„	Elektrotonus			+ 42°	+ 10°
49					Ruhe		32°		
50		„		„	Elektrotonus			+ 19°	— 13°

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
51					Ruhe		32°		
52		1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 5°	— 27°
53					Ruhe		32°		
54		„		„	Elektrotonus			+ 22°	— 10°
55					Ruhe		32°		
56		„		„	Elektrotonus			+ 40°	+ 8°
57					Ruhe		31°		
58		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 21°	— 10°
59					Ruhe		31°		
60		„		5000 M.	Elektrotonus			+ 37°	+ 6°
61					Ruhe		31°		
62		„		„	Elektrotonus			+ 25°	— 6°
63					Ruhe		31°		
64		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 22°	— 9°
65					Ruhe		30°		
66		1 stärkerer Grove		0	Elektrotonus [1]			+ 37°	+ 7°
67					Ruhe		30°		
68		„	„	„	Elektrotonus			+ 16°	— 14°
69					Ruhe		30°		
70									
71		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 44°	+ 14°!
72					Ruhe		29°		
73		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 42°	+ 13°!
74					Ruhe		28°		
75		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 41°	+ 13°!
76					Ruhe		28°		

[1] Der Nerv wurde mit Eiweiss befeuchtet.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
77		1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen				
78					Ruhe		28°	+ 41°	+13°!
79		„		„	Elektrotonus			+ 34°	+ 6°
80					Ruhe		28°		
81		„		„	Elektrotonus			+ 18°	— 10°
82					Ruhe		28°		
83		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 15°	— 13°
84					Ruhe		27°		
85		„		„	Elektrotonus			+ 31°	+ 4°
86					Ruhe		27°		
87		„		„	Elektrotonus			+ 17°	— 10°
88					Ruhe		27°		
89		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 37°	+10°!
90					Ruhe		27°		
91		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 34°	+ 7°!
92					Ruhe		26°		
93		„		„	Elektrotonus			+ 30°	+ 4°
94					Ruhe		26°		
95		„		„	Elektrotonus			+ 18°	— 6°
96					Ruhe		26°		
97		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 34°	+ 8°!
98					Ruhe		26°		

Um drei Uhr, nachdem der Nerv eine Stunde lang in einer feuchten Kammer gelegen hatte, wurde er noch einmal auf die Bäusche gelegt.

99					Ruhe	52°	31°		
100		1 Grove		0	Elektrotonus			+ 33°	+ 2°
101					Ruhe		31°		
102		„		„	Elektrotonus			+ 29°	— 2°
103					Ruhe		31°		

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
104		1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen	•			
105					Ruhe		31°	+ 31°	0
106		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 31°	0

Diese Tabelle beweist, dass auch in menschlichen Nerven der bewegungvermittelnde Vorgang von einer positiven Schwankung des Nervenstroms begleitet sein kann. Vor der Einwirkung constanter Ströme führte die Reizung mit Wechselströmen zu einer negativen Schwankung (Nr. 2 und 4). Nachdem ein schwacher Elektrotonus erzeugt worden war, brachte eine gleich starke Reizung mit Wechselströmen, wie sie in Nr. 4 angewandt worden, gar keine Schwankung hervor (Nr. 8 und 10). Nachdem aber in Nr. 12 ein positiver Zuwachs im elektrotonischen Zustande von 13°, in Nr. 14 ein negativer Zuwachs von 21° erzielt worden, erzeugte dieselbe Reizung mit Wechselströmen, bei welcher erst negative und dann gar keine Schwankung entstand, zweimal nach einander eine gute positive Schwankung (Nr. 16 und 18). Dann wurde wieder in neuen Versuchen, denen bald nur eine, bald beide Phasen des Elektrotonus in der abgeleiteten Nervenstrecke vorangingen, durch die Reizung mit Wechselströmen eine negative Schwankung hervorgebracht. Als aber darauf (Nr. 66) der Nerv mit Eiweiss befeuchtet und beide Phasen des Elektrotonus in der abgeleiteten Strecke hervorgerufen worden, konnte durch die Reizung mit Wechselströmen unter Anwendung eines etwas stärkeren Grove'schen Elementes viermal hinter einander eine positive Schwankung erzeugt werden (Nr. 71, 73, 75, 77). Nun wurden beide Phasen des Elektrotonus wieder hervorgebracht, worauf einmal die Inductionsreizung

von einer negativen Schwankung begleitet war. Wiederholte Einleitung beider Phasen des Elektrotonus liess aber von Neuem und zwar wiederholt bei der Einwirkung der Wechselströme positive Schwankung erscheinen (Nr. 89, 91, 97). Im Ganzen wurde die positive Schwankung an dem *Nervus ulnaris* des Menschen neunmal beobachtet. Nach $4^1/_4$ Stunden gab der Strom des ruhenden Nerven noch eine constante Ablenkung von 31^0, es konnte aber in beiden Phasen des Elektrotonus nur ein kleiner Zuwachs und durch Wechselströme keine positive, aber auch keine negative Schwankung mehr erzielt werden.

Aus dem vorstehenden Beobachtungsmaterial ergeben sich folgende Sätze:

1. Sowohl in den Nerven des Menschen, wie in denen des Frosches kann der bewegungvermittelnde Vorgang von einer positiven Schwankung des Nervenstroms begleitet sein.

2. Die positive Schwankung des Nervenstroms wird nur dann durch die Inductionsreizung hervorgebracht, wenn constante Ströme, die den Nerven in Elektrotonus versetzen, einen nicht zu schwachen Zuwachs des Nervenstroms im elektrotonischen Zustande hervorrufen.

3. Je stärker der Zuwachs war, den man in einer der beiden Phasen des Elektrotonus durch die Anwendung constanter Ströme erzielte, desto sicherer darf man erwarten, dass die Inductionsreizung eine positive Schwankung des Nervenstroms hervorrufen wird.

4. Der elektrotonische Zustand, den constante Ströme im Nerven hervorrufen, ist die ursächliche Bedingung für das Entstehen der positiven Schwankung, wenn der Nerv durch Wechselströme gereizt wird.

5. Es braucht der Inductionsreizung nur Eine, entweder die positive oder die negative Phase des Elektrotonus in der abgeleiteten Nervenstrecke voranzugehen, damit eine positive Schwankung des Nervenstromes zu Stande komme. Die positive Phase des Elektrotonus scheint aber wirksamer zu sein als die negative.

6. Nerven, in welchen der Multiplicator keinen Zuwachs im elektrotonischen Zustande anzeigt, führen, wenn sie durch Wechsel-

ströme gereizt werden, niemals zu einer positiven, wohl aber bisweilen zu einer gar nicht unbeträchtlichen negativen Schwankung des Nervenstroms.

7. Starke Wechselströme können in frischen Nerven die positive Schwankung hervorrufen. Demnach kann ein sehr vergänglicher Elektrotonus die ursächliche Bedingung der durch Inductionsreizung zu erzeugenden positiven Schwankung abgeben.

8. Das Einleiten der positiven Schwankung ist ein Merkmal, dass der Nerv der Stufe des unversehrten Lebens noch verhältnissmässig nahe steht. Nerven, die im Absterben einen gewissen Fortschritt gemacht haben, liefern keine positive Schwankung mehr zu einer Zeit, in welcher noch eine gute negative Schwankung von ihnen gewonnen werden kann.

Mühlberg bei Mühlheim (Thurgau) 5. April 1861.

II.

Untersuchungen über den Einfluss der Sympathicus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags.

Von

Jac. Moleschott und **Rob. Nauwerck** [1]).

Ueber die Bedeutung des sympathischen Nerven für die Herzbewegung sind ebenso verschiedene Behauptungen aufgestellt worden, wie über die Rolle, die dem Vagus als Regulator der Pulsfrequenz zukommt. Burdach konnte bei einem getödteten Kaninchen durch chemische Reize (Kali, Ammoniak) den selten gewordenen Herzschlag wieder häufiger machen [2]). Budge hat mit gleichem Erfolg die galvanische Reizung beim Frosche angewandt, nachdem zuvor durch Wegnahme des verlängerten Marks und Durchschneidung der Vagi diese letzteren ausser Thätigkeit gesetzt waren [3]). Durch Reizung des ersten Brustganglions haben Henle und Cl. Bernard, jener beim Menschen und dieser beim Hunde, eine vermehrte Frequenz des

---

[1]) Bei den in diesem Aufsatze mitzutheilenden Untersuchungen hatten wir uns der eifrigen Beihülfe der Herren Gascard und Hufschmid zu erfreuen.

[2]) Joh. Müller, Handbuch der Physiologie, vierte Auflage, Coblenz 1844, Bd. I, S. 157.

[3]) Budge, Comptes Rendus, T. XXXIV, p. 398, und Froriep's Tagesberichte, 1852, No. 441, S. 321, 322.

Herzschlags erzielt [1]). Im Gegensatze hierzu giebt Wagner an, dass er in allen seinen Versuchen durch Reizung des Sympathicus bei Kaninchen die Häufigkeit des Pulses vermindert habe [2]).

Alle die betreffenden, wenn auch noch so sehr auseinandergehenden Behauptungen sind richtig, so lange sie nur die einem jeden der genannten Beobachter vorgekommenen Thatsachen überliefern sollen, alle sind falsch, sobald sie darauf Anspruch machen mit Ausschluss jeder anderen Möglichkeit den Thatbestand zu formuliren.

Der Grund der verschiedenen Aussagen liegt nämlich nur darin, dass es von der Stärke der Reizung abhängt, ob sie diesen oder jenen Erfolg hervorbringt. Ganz so wie es Schiff und Moleschott für den Vagus nachgewiesen haben [3]), gilt auch für den Sympathicus, dass schwache Reize die Frequenz des Herzschlags steigern, während starke Reize sie herabsetzen oder gar die Herzbewegung auf eine Zeit lang ganz aufheben. Es ist die Aufgabe dieses Aufsatzes Bericht zu erstatten über die Untersuchungen, welche uns zur Aufstellung dieses Lehrsatzes berechtigen.

Behufs der elektrischen Reizung haben wir dasselbe Versuchsverfahren befolgt, welches Moleschott in seinen „Untersuchungen über den Einfluss der Vagus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags“ beschrieben hat [4]). Alle Bezeichnungen in den nachfolgenden Tabellen haben dieselbe Bedeutung, wie in der angeführten Abhandlung. Die hier niederzulegenden Ergebnisse unserer Versuche wurden an Kaninchen gewonnen.

Versuchsthier A.

Am 15. Februar 1861 wurde einem Kaninchen der linke Sympathicus am Halse blossgelegt und, ohne durchschnitten zu sein, auf das Elektrodenplättchen gebracht.

---

[1]) Ludwig, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 2. Auflage, Bd. II, S. 99.

[2]) R. Wagner in Schmidt's Jahrbüchern, Bd. LXXXIII, S. 9.

[3]) Vgl. Jac. Moleschott, Untersuchungen über den Einfluss der Vagus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags, in dieser Zeitschrift, Bd. VII, S. 401 und folgende.

[4]) Moleschott, a. a. O. S. 404—408.

Tabelle I.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h. 16′					Ruhe	49	99	149	199
2	„ 19′					„	50	99	150	200
3	„ 37′					„	48	97	146	198
4	„ 38′					„	47	98	145	197
5	„ 39′	1 Daniell SO^3 10%[1])	28 C.M.	20 M.	15 M.M.	Reizung	54	120	171	234
6	„ 40′					Ruhe	51	93	152	200
7	„ 41′	„	„	„	„	Reizung	53	111	178	234
8	„ 42′	„	„	„	„	„	56	110	171	225
9	„ 43′					Ruhe	54	108	163	210
10	„ 44′					„	51	103	160	209
11	„ 45′	„	„	30 „	„	Reizung	51	112	172	228
12	„ 46′					Ruhe	50	101	154	207
13	„ 47′	„	„	„	„	Reizung	53	110	162	217
14	„ 48′					Ruhe	50	101	151	204
15	„ 49′					„	49	99	148	198
16	„ 55′					„	46	94	143	191
17	„ 56′					„	46	93	141	192
18	„ 57′	1 Grove	—$8^1/_2$	0	„	Reizung	41	80	130	177
19	„ 58′					Ruhe	43	90	141	187
20	„ 59′					„	48	100	150	201
21	12 h. 1′	2 „	„	„	„	Reizung	41	81	120	161
22	„ 2′					Ruhe	37	86	137	197
23	„ 9′					„	46	94	150	196
24	„ 10′					„	48	98	150	201
25	„ 11′					„	47	98	148	198
26	„ 12′	1 Daniell	28 C.M.	20 M.	„	Reizung	49	102	152	207
27	„ 13′					Ruhe	46	95	143	194
28	„ 14′	„	„	30 „	„	Reizung	50	101	155	210
29	„ 15′					Ruhe	49	97	150	194
30	„ 16′					„	47	91	142	192

Eine durch grossen Abstand der Rollen am Schlittenapparat und Nebenschliessung gehörig abgeschwächte Reizung des Sympathicus brachte eine bedeutende Vermehrung der Pulsfrequenz hervor (N. N.

[1]) 10 Raumtheile starker Schwefelsäure mit 90 Raumtheilen destillirten Wassers.

SCHOOL OF MEDICINE AND PUBLIC HEALTH
LIBRARY

5, 7, 8, 11, 13) und zwar um 10 bis 37 Schläge in der Minute (Nr. 13 und No. 5). Da die Frequenz in der Ruhe vor der erfolgreichsten Reizung 197 bis 200 Schläge betrug, so wurde als Maximum eine Zunahme der Häufigkeit um beinahe $^1/_5$ erzielt.

Starke Reizung, bei welcher das Daniell'sche Element durch ein Grove'sches ersetzt, die Nebenschliessung entfernt und die Rollen über einander geschoben waren, bewirkte dagegen eine Frequenzverminderung von 192 auf 177, und als statt Eines Grove'schen Elementes 2 Grove'sche Elemente angewandt wurden, eine Verminderung von 201 auf 161 Schläge (No. 18 und 21).

Die Ruhe, welche auf die schwache Reizung folgte, war jedesmal durch eine abnehmende, die, welche auf die starke Reizung folgte, durch zunehmende Häufigkeit charakterisirt.

Als wir nach Anwendung der starken Reizung wieder zu den schwachen Wechselströmen griffen, wurde in beiden Versuchen wieder eine grössere Zahl von Pulsschlägen in der Minute erzielt (No. 26, 28).

Versuchsthier B.

18. Februar 1861. Um 11 h 16′ wurde einem Kaninchen der linke Sympathicus am Halse blossgelegt und mit starken Wechselströmen (1 Grove, Rollenabstand $-8^1/_2$ C. M., Nebenschliessung 0) gereizt; die Häufigkeit des Herzschlags nahm sichtlich ab, und die Pupille des linken Auges wurde bedeutend erweitert.

Nun sollten systematische Reizversuche angestellt werden, und zwar diesmal in der besonderen Absicht, um zu ermitteln, ob die Erfolge, welche die in der ersten Tabelle verzeichneten Reizversuche uns kennen lehrten, durch eine directe oder durch eine reflectorische Reizung motorischer Fasern zu erklären seien. Deshalb wurde vor Anstellung weiterer Reizversuche der Stamm des Sympathicus dicht unter dem oberen Halsganglion durchschnitten und darauf der nach dem Herzen verlaufende Theil auf die Elektroden gebracht.

Tabelle II.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 21′					Ruhe	47	93	143	190
2	„ 22′					„	46	89	139	182
3	„ 23′	1 Daniell	28 C.M.	1 M.	17 M.M.	Reizung	48	98	147	200
4	„ 24′					Ruhe	46	93	141	187
5	„ 25′	„	„	2 „	„	Reizung	50	102	152	204
6	„ 26′	„	„	„	„	„	51	98	148	197
7	„ 27′					Ruhe	47	94	143	189
8	„ 28′					„	46	91	139	182
9	„ 29′	„	„	3 „	„	Reizung	50	102	154	209
10	„ 30′					Ruhe	50	98	149	193
11	„ 31′					„	48	94	142	188
12	„ 32′	„	„	4 „	„	Reizung	47	93	142	189
13	„ 33′					Ruhe	46	89	134	180
14	„ 34′	„	„	1 „	„	Reizung	47	97	146	193
15	„ 35′					Ruhe	44	87	133	176
16	„ 36′	„	„	„	„	Reizung	43	95	148	200
17	„ 37′					Ruhe	43	89	137	182
18	„ 38′					„	42	85	132	171
19	„ 39′					„	41	84	129	171
20	„ 40′	1 Grove	—8½	0	„	Reizung	41	77	95	121
21	„ 41′					Ruhe	37	82	127	171

Mit Ausnahme des Versuchs in No. 12 haben alle die Reizungen, bei welchen Nebenschliessung und grosser Rollenabstand unter Benützung eines Daniell'schen Elementes angewandt wurden, die Frequenz des Herzschlags bedeutend gesteigert. Da in Nr. 12 mit Einschaltung von 4 Widerstandseinheiten die stärkste unter den schwachen Reizungen gegeben war, kehrten wir in Nr. 16 wieder zu einer schwächeren Reizung zurück, indem wir nur Eine Widerstandseinheit in die Nebenschliessung aufnahmen; sogleich stieg die Frequenz von 176 auf 200 Schläge, also beinahe um $^1/_7$ der Häufigkeit, die in der vorausgehenden Ruhe bestand; nach Aufhebung der Reizung sank die Frequenz wieder auf 171. Nun wurde mit starken Wechselströmen

gereizt (1 Grove, Rollen über einander, keine Nebenschliessung), und nun sank die Frequenz von 171 auf 121 Pulsschläge in der Minute No. 20), um in der Ruhe darauf allmälig wieder zu steigen.

Es geht also zunächst aus dieser Versuchsreihe hervor, dass schwache und starke Reize auf den vom oberen Halsganglion getrennten, nach dem Herzen verlaufenden Theil des Sympathicus angewandt dieselben Folgen hatten, wie die Einwirkung dieser Reize auf den unversehrten Halsstamm des sympathischen Nerven.

Ferner lehrt uns die zweite Tabelle, dass die Wirkung einer Reizung, mag sie stark oder schwach sein, der Beobachtung ganz entgehen kann, wenn sie nur eine Viertelsminute fortgesetzt wird, obgleich sie sehr beträchtlich ist, wenn die Wechselströme eine ganze Minute lang den Nerven durchsetzen (No. 15 und 16, No. 19 und 20; man vergleiche damit Tabelle I, No. 10 und 11). Dasselbe wurde früher von Moleschott für den Vagus berichtet [1]).

Um die Wirkung der starken Reizung gehörig zu würdigen, schreiben wir die absoluten Zahlen für die einzelnen Viertelsminuten vor, während und nach der Reizung hier neben einander [2]).

	Vor der Reizung.	Während der Reizung.	Nach der Reizung.
1. Viertel	41	41	37
2. „	43	36	45
3. „	45	18	45
4. „	42	26	44.

Wie man sieht, bestand noch in der ersten Viertelsminute eine verminderte Frequenz, und erst in der zweiten Viertelsminute war die ursprüngliche Häufigkeit des Herzschlags wieder hergestellt.

Dasselbe Thier wurde noch benützt, um zu versuchen, ob sich durch starke Reizung beider Sympathici nicht eine stärkere Abnahme

---

1) Moleschott, a. a. O. S. 412, 444.

2) Auf der Uhr, die uns bei diesen Zählungen zu Gebote stand, waren die einzelnen Quadranten sehr genau gleich gross.

der Pulsfrequenz hervorbringen liesse. Es wurde also auch der rechte Sympathicus präparirt und ohne durchschnitten zu sein über ein besonderes Elektrodenplättchen geschoben. Jeder der beiden Nerven wurde durch einen besonderen Schlittenapparat gereizt, und zwar beide gleichzeitig; eine Nebenschliessung wurde nicht angewandt.

Tabelle III.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12 h. 6′			Ruhe	53	104	156	208
2	„ 7′			„	52	103	155	209
3	„ 8′			„	53	106	163	220
4	„ 9′			„	54	107	164	219
5	„ 10′			„	52	103	157	210
6	„ 11′	2 Grove	—8½ C. M.	Reizung	34	55	103	152
7	„ 12′			Ruhe	43	109	154	210
8	„ 13′	„	„	Reizung	42	82	127	175
9	„ 14′			Ruhe	51	99	151	210
10	„ 15′			„	50	96	147	193
11	„ 16′	„	„	Reizung	48	78	123	171
12	„ 17′			Ruhe	52	110	166	226
13	„ 18′			„	54	112	170	227

Die starke Reizung setzte in allen drei Versuchen die Häufigkeit des Herzschlags bedeutend herab, aber selbst in No. 6 nur wenig mehr als in No. 20 der zweiten Tabelle.

Wir versuchten darauf durch schwache Reizung des rechten Sympathicus die Häufigkeit des Herzschlags wieder zu steigern. Tabelle IV zeigt mit welchem Erfolg. Vorher war der rechte Sympathicus hoch oben durchschnitten worden, so dass nun beide Sympathici vom oberen Halsganglion getrennt waren; der absteigende Theil wurde den Wechselströmen ausgesetzt.

Tabelle IV.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12 h. 23′				Ruhe	53	107	165	221
2	„ 24′				„	56	114	177	234
3	„ 25′				„	58	117	180	242
4	„ 26′				„	57	115	177	236
5	„ 27′	1 Daniell	28 C. M.	1 M.	Reizung	62	121	190	254
6	„ 28′				Ruhe	54	113	179	240
7	„ 29′	„	„	„	Reizung	61	127	192	257
8	„ 30′				Ruhe	57	112	176	229
9	„ 31′				„	54	110	168	221
10	„ 32′				„	53	109	167	220
11	„ 33′	„	„	„	Reizung	57	112	180	242
12	„ 34′				Ruhe	54	109	161	221

Die Zahlen reden so deutlich, dass jeder Commentar überflüssig erscheint. Wir wollen daher nur hervorheben, dass sie um so besser die Frequenzzunahme durch schwache Reizung beweisen, als der Puls schon in der Ruhe sehr häufig war und dennoch jede Reizung ihn noch beträchtlich häufiger und jede Aufhebung der Reizung ihn seltener machte.

Versuchsthier C.

In den Tabellen II und IV ist der Nachweis geliefert, dass schwache Reizung des Sympathicus, auch wenn sie auf den vom oberen Halsganglion getrennten, absteigend verlaufenden Halsstamm einwirkt, die Häufigkeit des Herzschlags vermehrt. Da die Vagi in den betreffenden Versuchen nicht durchschnitten waren, so war durch jene Versuche noch nicht unwiderleglich dargethan, dass nicht etwa vom Sympathicus aus durch das Rückenmark eine reflectorische Reizung der Vagi stattgefunden hatte. Wir machten deshalb eine Reihe Controlversuche an einem Kaninchen, dessen linker Sympathicus unten am Halse durchschnitten worden, indem wir den nach dem Kopf aufsteigenden, vom Herzen getrennten Stamm Wechselströmen von sehr verschiedener Stärke aussetzten. Tabelle V enthält Bericht über diese Versuche.

Tabelle V.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 31′				Ruhe	47	90	138	183
2	„ 32′				„	43	86	133	182
3	„ 33′	1 Daniell	28 C. M.	1 M.	Reizung	46	89	136	184
4	„ 34′				Ruhe	44	88	135	180
5	„ 35′	„	„	2 „	Reizung	43	87	136	184
6	„ 36′				Ruhe	45	91	138	185
7	„ 37′	„	„	3 „	Reizung	43	89	136	184
8	„ 38′				Ruhe	45	91	140	185
9	„ 39′	„	„	5 „	Reizung	44	90	140	184
10	„ 40′				Ruhe	44	90	137	185
11	„ 41′	„	„	10 „	Reizung	45	89	136	184
12	„ 42′				Ruhe	43	87	134	183
13	„ 43′	„	„	50 „	Reizung	44	91	141	187
14	„ 44′				Ruhe	45	90	140	187
15	„ 45′	„	„	100 „	Reizung	43	87	137	184
16	„ 46′				Ruhe	41	88	137	185
17	„ 47′	„	„	500 „	Reizung	44	90	139	186
18	„ 48′				Ruhe	45	93	141	189
19	„ 49′	„	„	1000 „	Reizung	49	94	143	193
20	„ 50′				Ruhe	46	91	141	189
21	„ 51′	„	„	„	Reizung	48	93	142	189
22	„ 52′				Ruhe	46	92	141	190
23	„ 53′	„	„	2000 „	Reizung	46	93	142	193
24	„ 54′				Ruhe	44	90	143	193
25	„ 55′	„	„	5000 „	Reizung	46	87	134	183
26	„ 56′				Ruhe	45	91	142	190
27	„ 57′	„	„	10000 „	Reizung	46	92	143	189
28	„ 58′				Ruhe	45	93	142	185
29	„ 59′	„	„	0	Reizung	44	92	141	189
30	12 h				Ruhe	45	93	143	192

Die in vorstehender Tabelle mitgetheilten Zahlen beweisen, dass der Halsstamm des Sympathicus, wenn er vom Herzen getrennt ist, mit schwachen Wechselströmen von sehr verschiedener Stärke, bis zu sehr schwachen herab, angegriffen werden kann, ohne dass der Puls dadurch häufiger würde. Bringen wir diese Thatsache in Zusammenhang mit dem oben gelieferten Nachweis, dass der vom oberen Hals-

ganglion getrennte, zum Herzen gehende Stamm des Sympathicus, wenn er mit schwachen Wechselströmen gereizt wird, wohl zu einer Steigerung der Pulsfrequenz führt, so geht hieraus hervor, dass es sich bei den Erfolgen der Sympathicus-Reizung, ganz so wie beim Vagus, um eine directe Einwirkung auf motorische Fasern handelt, deren peripherische Ausbreitung in der Muskulatur des Herzens zu suchen ist.

Versuchsthier D.

Durch die folgende Versuchsreihe suchten wir mit Hülfe allmälig stärker werdender Wechselströme annähernd zu bestimmen, innerhalb welcher Grenzen die schwache Reizung eine Frequenzvermehrung und die starke Reizung eine Frequenzverminderung hervorruft.

Am 20. Februar, 11 h 18′ wurde der rechte Sympathicus eines Kaninchens blossgelegt.

Tabelle VI.

Nummer d. Beobachtung	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 23′					Ruhe	50	99	150	200
2	„ 24′					„	49	97	145	192
3	„ 25′	1 Daniell	28 C.M.	1 M.	21 M.M.	Reizung	50	100	144	198
4	„ 26′	„	„	2 „	„	„	50	100	148	199
5	„ 27′	„	„	3 „	„	„	47	93	142	192
6	„ 28′					Ruhe	44	91	139	187
7	„ 29′	„	„	vollkommen	„	Reizung	49	99	150	204
8	„ 30′					Ruhe	47	97	143	193
9	„ 31′	„	„	1 M.	„	Reizung	53	108	162	215
10	„ 32′					Ruhe	51	104	157	210
11	„ 33′					„	48	97	147	196
12	„ 34′	„	„	2 „	„	Reizung	51	106	161	214
13	„ 35′					Ruhe	51	100	151	192
14	„ 36′					„	50	97	146	194
15	„ 37′	„	„	3 „	„	Reizung	48	97	146	195
16	„ 38′					Ruhe	46	95	143	193
17	„ 39′	„	„	„	„	Reizung	49	99	153	207
18	„ 40′					Ruhe	48	97	151	200
19	„ 41′	„	„	4 „	„	Reizung	53	110	161	221

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
20	11 h. 42′					Ruhe	52	103	157	209
21	„ 47′	1 Daniell	28 C.M.	5 M.	21 M.M.	Reizung	56	100	161	217
22	„ 48′					Ruhe	50	102	154	210
23	„ 49′	„	„	6 „	„	Reizung	51	101	154	209
24	„ 50′					Ruhe	52	102	160	210
25	„ 51′	„	„	7 „	„	Reizung	57	114	170	230
26	„ 52′					Ruhe	50	101	153	207
27	„ 53′	„	„	9 „	„	Reizung	56	111	171	231
28	„ 54′					Ruhe	53	109	156	209
29	„ 55′	„	„	11 „	„	Reizung	59	113	173	231
30	„ 56′					Ruhe	53	104	161	211
31	„ 57′	„	„	13 „	„	Reizung	50	102	157	206
32	„ 58′					Ruhe	50	101	160	204
33	„ 59′	„	„	20 „	„	Reizung	49	100	152	202
34	12 h.					Ruhe	50	101	150	201
35	12 h. 1′	„	„	40 „	„	Reizung	50	97	149	198
36	„ 2′					Ruhe	48	94	141	193
37	„ 3′	„	„	80 „	„	Reizung	50	100	155	207
38	„ 4′					Ruhe	47	98	148	198
39	„ 5′	„	„	160 „	„	Reizung	51	101	151	206
40	„ 6′					Ruhe	50	100	151	203
41	„ 7′	„	„	200 „	„	Reizung	51	103	157	210
42	„ 8′					Ruhe	49	100	152	207
43	„ 9′	„	„	400 „	„	Reizung	50	105	163	221
44	„ 10′					Ruhe	51	104	160	214
45	„ 11′	„	„	800 „	„	Reizung	56	114	174	232
46	„ 12′					Ruhe	51	103	165	224
47	„ 13′	„	„	1000 „	„	Reizung	50	102	153	210
48	„ 14′					Ruhe	48	100	151	204
49	„ 15′	„	„	2000 „	„	Reizung	51	102	153	204
50	„ 16′					Ruhe	49	100	150	201
51	„ 17′	„	„	4000 „	„	Reizung	49	97	145	192
52	„ 18′					Ruhe	48	96	148	197
53	„ 19′	„	„	8000 „	„	Reizung	47	87	133	181
54	„ 20′					Ruhe	46	92	140	190
55	„ 21′	„	„	10000 „	„	Reizung	47	97	146	193
56	„ 22′					Ruhe	47	94	143	192
57	„ 23′	„	„	„	„	Reizung	46	92	140	190
58	„ 24′					Ruhe	47	94	141	195
59	„ 25′	„	„	0	„	Reizung	46	95	145	200

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
60	12 h. 26′					Ruhe	44	89	139	183
61	„ 27′	1 Daniell	26 C.M.	0	21 M.M.	Reizung	41	84	130	186
62	„ 28′					Ruhe	45	90	141	190
63	„ 29′	„	24 „	„	„	Reizung	40	92	143	193
64	„ 30′					Ruhe	49	97	148	200
65	„ 31′	„	20 „	„	„	Reizung	49	99	147	194
66	„ 32′					Ruhe	48	95	144	192
67	„ 33′	„	15 „	„	„	Reizung	46	91	140	185
68	„ 34′					Ruhe	45	95	147	197
69	„ 35′	„	10 „	„	„	Reizung	45	90	138	184
70	„ 36′					Ruhe	44	96	150	201
71	„ 37′	„	0	„	„	Reizung	43	87	131	179
72	„ 38′					Ruhe	44	90	151	195
73	„ 39′	„	„	„	„	Reizung	46	91	140	187
74	„ 40′					Ruhe	46	90	141	188
75	„ 41′	„	—4 „	„	„	Reizung	39	83	127	174
76	„ 42′					Ruhe	47	96	153	206
77	„ 43′	„	—8½ „	„	„	Reizung	45	86	131	175
78	„ 44′					Ruhe	47	100	150	207
79	„ 45′	1 Grove	„	„	„	Reizung	38	Stillstand [1]		80
80	„ 46′					Ruhe	20	60	108	150
81	„ 47′	„	„	„	„	Reizung	38	Stillstand [2]		84
82	„ 48′					Ruhe	43	90	143	198

Im Anfang war selbst eine sehr schwache Reizung (Rollenabstand: 28 C. M. und 1 bis 3 Widerstandseinheiten in der Nebenschliessung) von zweifelhaftem Erfolg (siehe No. 2 bis 4); sie musste noch zu stark sein, denn als nach Einer Minute Ruhe die Wechselströme durch Einschaltung der vollkommenen Nebenschliessung noch mehr geschwächt wurden, ergab sich sogleich eine Frequenzvermehrung um 17 Schläge in der Minute (No. 7). Mit ganz ähnlicher Wirkung wurde in No. 9 und No. 12 eine etwas stärkere Reizung angewandt, das erste Mal unter Aufnahme von 1, das zweite Mal von 2 Widerstandseinheiten in die Nebenschliessung. Nach einer Erholung von

[1] Der Stillstand dauerte 17 Secunden.

[2] Der Stillstand dauerte 12 Secunden.

2 Minuten schien die Einschaltung von 3 Widerstandseinheiten (No. 15) eine noch zu starke Reizung zu bewirken; nachdem der Nerv dann wieder eine Minute lang ausgeruht hatte, bewirkte die gleiche Reizung eine um 14 Herzschläge in der Minute vermehrte Häufigkeit (No. 17). Ebenso brachte in No. 19 und No. 21 die etwas verstärkte Reizung vermehrte Frequenz hervor, und dieser Erfolg wiederholte sich achtmal (No. 25, 27, 29, 37, 39, 41, 43, 45), zuletzt bei einer Einschaltung von 800 Widerstandseinheiten in die Nebenschliessung des secundären Stromkreises. Viermal (No. 23, 31, 33, 40) erzeugte die Reizung kein Häufigerwerden des Herzschlags, offenbar weil in den betreffenden Fällen die Reizung für den nicht mehr frischen Nerven nicht stark genug war. In No. 47 (1000 Widerstandseinheiten bei noch immer unverändertem Rollenabstand) war die Reizung zu stark, so dass eine um 14 Pulse in der Minute verminderte Häufigkeit die Folge war. Von No. 49 an bis zu No. 63 wurde achtmal gereizt, und zwar so, dass jedes folgende Mal stärker gereizt wurde, bis zu No. 50 durch Aufnahme von mehr Widerstandseinheiten in die Nebenschliessung, dann durch Hinweglassung der Nebenschliessung, und zuletzt durch allmälig fortschreitende Verkleinerung des Rollenabstandes am Schlittenapparat; in allen diesen Versuchen hatte die Reizung einen meist unbedeutenden und dazu schwankenden Einfluss auf die Häufigkeit des Herzschlags; die Unterschiede der Pulszahl in der Minute gegen die Frequenz in der jeweilig vorausgehenden Ruheminute waren: 0, — 9, — 16, + 3, — 2, + 5, + 3, + 3. Von No. 65 an, als der Rollenabstand bei entfernter Nebenschliessung nur noch 20 C. M. betrug, drückte jede Reizung die Häufigkeit des Pulses herab, bis es in No. 79 gelang, nach Vertauschung des Daniell'schen Elementes mit einem Grove'schen bei ganz über einander geschobenen Rollen des Schlittenapparats, einen 17 Secunden andauernden Stillstand des Herzens zu erzeugen, worauf in No. 81 derselbe Versuch mit ähnlichem Erfolg wiederholt ward. Nach diesen starken Reizungen machte das Herz

	I.	II.	
in der ersten Viertelsminute der Ruhe	20	43	Schläge
„ „ zweiten „ „ „	40	47	„

	I.	II.	
in der dritten Viertelsminute der Ruhe	48	53	Schläge
„ „ vierten „ „ „	42	55	„

woraus hervorgeht, dass sich die Thätigkeit des Herzens allmälig wieder erholte.

Das allgemeine Resultat der in Tabelle VI enthaltenen Beobachtungen lässt sich also dahin zusammenfassen, dass hinlänglich abgeschwächte elektrische Wechselströme auf Einen Sympathicus am Halse angewandt den Herzschlag häufiger machen, dass mittelstarke Ströme einen schwankenden Erfolg hervorbringen, starke Ströme dagegen die Pulsfrequenz herabsetzen bis zur Erzeugung eines Stillstands der Herzthätigkeit, der um so sicherer als eine Erscheinung der Erschöpfung aufzufassen ist, da sich nach Aufhebung der starken Reizung allmälig die frühere Häufigkeit wieder herstellt.

Versuchsthier E.

Am 19. Februar 1861 wurde der linke Sympathicus eines Kaninchens erst mit starken und dann mit schwachen Wechselströmen gereizt; der Erfolg der betreffenden Versuche ist eine einfache Bestätigung des bisher Mitgetheilten, so dass die Tabelle VII keiner Erläuterung bedarf.

Tabelle VII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 22′					Ruhe	53	107	167	210
2	„ 23′	2 Grove	–8½ C.M.	0	18 M.M.	starke Reizung	49	89	127	172
3	„ 24′					Ruhe	49	98	147	195
4	„ 25′					„	45	98	142	182
5	„ 26′					„	45	90	137	186
6	„ 27′	1 Daniell	+28 „	1 M.	„	schwache Reizung	53	103	175	221
7	„ 28′					Ruhe	50	95	144	190

Ausser den beschriebenen elektrischen Reizversuchen haben wir auch mechanische Reizungen des Sympathicus angestellt und zwar in der Form der Dehnung nach derselben Methode, die wir früher beim Vagus bewährt gefunden hatten [1]). Das Versuchsthier war dasselbe Kaninchen, das uns die siebente Tabelle geliefert hatte, der Nerv, der rechte Sympathicus, welcher zu anderen Reizversuchen nicht gedient hatte.

Tabelle VIII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Gewicht, durch welches die Dehnung hervorgebracht wurde.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12 h 6′		Ruhe	42	96	145	193
2	„ 7′		„	45	95	144	193
3	„ 8′		„	46	94	142	191
4	„ 9′	5,8 Gramm	Reizung	45	97	154	214
5	„ 10′		Ruhe	48	98	155	205
6	„ 11′		„	47	98	152	204
7	„ 12′		„	49	101	154	204
8	„ 13′	6,8 „	Reizung [2])	52	110	170	230
9	„ 14′		Ruhe	53	114	169	214
10	„ 15′		„	51	113	161	211
11	„ 16′	7,8 „	Reizung	53	113	170	229
12	„ 17′		Ruhe	51	113	160	210
13	„ 18′	9,8 „	Reizung	55	114	173	229
14	„ 19′		Ruhe	53	107	161	221
15	„ 20′	19,8 „	Reizung	57	115	175	232
16	„ 21′		Ruhe	53	109	164	219
17	„ 22′	39,8 „	Reizung	55	115	176	234
18	„ 23′		Ruhe	52	106	164	216
19	„ 24′	69,8 „	Reizung	54	112	168	224
20	„ 25′		Ruhe	53	110	167	223

Siebenmal wurde mechanisch gereizt, siebenmal brachte die Reizung vermehrte Häufigkeit des Herzschlags hervor. Die geringste Zunahme betrug 8 Schläge in der Minute und wurde in No. 19 bei

[1]) Moleschott, a. a. O. S. 452 und folg.

[2]) Bei dieser Reizung wurde eine deutliche Erweiterung der Pupille beobachtet.

der stärksten Reizung beobachtet; die beiden grössten Zunahmen von 23 und 26 Pulsschlägen in der Minute wurden durch die schwächsten Reizungen in No. 4 und 8 erzielt.

Nach jeder Reizung erfolgte in der Ruhe eine erhebliche Frequenzverminderung, mit alleiniger Ausnahme von No. 20; aber jede Reizung liess eine deutliche Nachwirkung zurück, so dass sich die Pulsfrequenz auch während der Ruhe hob. Da trotzdem jede Reizung die Häufigkeit des Pulses durchschnittlich um 17 Schläge in der Minute steigerte, so war der Erfolg dieser Versuche desto beweisender. Weil er überdies mit dem, was die elektrischen Reizversuche uns gelehrt hatten, in völligem Einklang stand, so glaubten wir ein genügendes Material gewonnen zu haben, um folgende Sätze aufstellen zu dürfen:

1) Schwache Reizung des Sympathicus, mechanische wie elektrische, bewirkt eine vermehrte Häufigkeit des Herzschlags.

Die Zunahme kann in der Minute bei Kaninchen 30 bis 40 Schläge, oder beinahe $^1/_5$ der in der Ruhe vorhandenen Frequenz betragen.

2) Diese Wirkung wird nur erzielt, wenn man den zum Herzen verlaufenden Theil des Sympathicus reizt, nicht aber wenn der vom Herzen getrennte Theil des Halsstamms mit Wechselströmen behandelt wird.

Es handelt sich also um eine directe, nicht um eine reflectorische Reizung motorischer Fasern, die, in der Bahn des Sympathicus zum Herzen verlaufend, ihre peripherische Ausbreitung im Herzfleische haben.

3) Starke elektrische Reizung des Sympathicus vermindert die Pulsfrequenz und kann das Herz zu einem vorübergehenden Stillstand bringen; wird die Reizung aufgehoben, dann erholen sich das Herz und der Nerv allmälig wieder von der Erschöpfung, so zwar dass später angewendete schwache Reize von Neuem den Herzschlag häufiger zu machen vermögen.

Mühlberg bei Mühlheim (Thurgau), 13. April 1861.

III.

Experimenteller Beweis der Theorie, nach welcher der Vagus ein Bewegungsnerv des Herzens ist.

Von

E. Hufschmid und **Jac. Moleschott.**

„Neue und unerwartete Thatsachen auf neue und unbekannte Eigenschaften zu beziehen, hat nur selten die Wissenschaften gefördert."

Moritz Schiff.

Durch die Untersuchungen von Schiff und durch die spätere Arbeit von Moleschott ist bewiesen worden, dass schwache Reizung Eines Vagus ebenso sicher eine vermehrte Häufigkeit des Herzschlags hervorruft, wie es seit der Entdeckung von Ed. Weber und J. Budge feststeht, dass starke Reizung des Vagus das Herz vorübergehend zum Stillstand zwingen kann [1]).

---

[1]) Vergl. J. M. Schiff, Experimentelle Untersuchungen über die Nerven des Herzens, Archiv für physiologische Heilkunde, Jahrgang VIII (1849); — dieser Arbeit ist das Motto entnommen, welches wir unserer Abhandlung vorgesetzt haben, um Schiff's Priorität in ihrem vollen Umfang anzuerkennen; — ferner J. M. Schiff, Zur Physiologie der sogenannten Hemmungsnerven, im VI Bande dieser Zeitschrift, S. 201 u. folg.; Jac. Moleschott, Untersuchungen über den Einfluss der Vagus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags, ebendaselbst, Bd. VII, S. 401—468.

Seitdem haben Moleschott und Nauwerck gezeigt, dass sich der Sympathicus auf gleiche Weise zum Herzen verhält, wie der Vagus: schwache Reizung des Halsstamms des genannten Nerven vermehrt die Pulsfrequenz, starke Reizung setzt sie herab und ist im Stande einen vorübergehenden Stillstand des Herzens zu erzeugen [1]).

Moleschott hat für den Vagus dargethan, dass die vermehrte Häufigkeit des Herzschlags, welche schwache Reizung des genannten Nerven hervorbringt, nicht auf reflectorischem Wege entsteht, sondern durch directe Reizung in der Bahn des Vagus peripherisch zum Herzen verlaufender Fasern erzielt wird [2]). Und auch in dieser Beziehung lässt sich von dem Sympathicus das Gleiche wie vom Vagus aussagen [3]).

Die Richtigkeit der wichtigsten der kurz recapitulirten Sätze ist seitdem durch zahlreiche Erfahrungen, die wir in Gemeinschaft mit den Herren Gascard, Nauwerck und Schlatter gewonnen, bestätigt worden. Um unseren Lesern eine Vorstellung von der Sicherheit der Thatsache zu geben, dass eine richtig abgeschwächte Vagus-Reizung die Pulsfrequenz erhöht, mag hier zunächst eine Tabelle *mit*getheilt werden, in welcher die Versuche eingetragen sind, welche Moleschott am 16. März d. J. seinen Zuhörern vormachte. Das Versuchsthier war ein Kaninchen, und der rechte Vagus lag, mit Hirn und Herz verbunden, auf den Elektroden. Die Versuche wurden nach den Methoden angestellt, die der eine von uns früher beschrieben, und wegen der Zeichensprache in den Tabellen ist auf denselben Ort zu verweisen [4]).

---

[1]) Jac. Moleschott und Rob. Nauwerck, Untersuchungen über den Einfluss der Sympathicus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags, in dem vorliegenden Bande dieser Zeitschrift, S. 36 u. folg.

[2]) Moleschott, a. a. O. S. 416, 417.

[3]) Moleschott und Nauwerck, a. a. O. S. 36.

[4]) Moleschott, a. a. O. S. 404—409.

Tabelle I.

Nummer d. Beobachtung.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1					Ruhe	51	103	157	209
2					„	51	102	155	206
3	1 Daniell, SO^3 10% [1]	28 C. M.	50 M.	20 M. M.	Reizung	51	101	153	205
4					Ruhe	46	92	138	184
5	„	„	100 „	„	Reizung	41	Ruhe		
6	„	„	20 „	„	„	49	100	149	201
7					Ruhe	46	94	141	187
8					„	47	94	140	186
9					„	47	95	142	188
10	„	„	10 „	„	Reizung	53	107	161	217
11	„	„	„	„	„	56	110	171	230
12					Ruhe	53	105	158	209
13					„	51	103	152	200
14					„	48	99	152	203
15	„	„	„	„	Reizung	53	106	163	220
16	„	„	„	„	„	56	113	170	227
17					Ruhe	53	106	168	213
18					„	51	104	157	210

Nach Erfahrungen, welche wir kurz vorher gemacht hatten, glaubten wir bei Einschaltung von 50 Widerstandseinheiten in die Nebenschliessung die Reizung hinlänglich abgeschwächt zu haben, um in ihrer Folge vermehrte Frequenz des Herzschlags zu beobachten. Da sie sich in No. 3 nicht einstellte, wandten wir in No. 5 eine etwas stärkere Reizung an (100 Widerstandseinheiten in der Nebenschliessung); indess gleich in der ersten Viertelsminute stellte sich eine deutlich verminderte Häufigkeit des Pulses heraus, und wir griffen daher in No. 6, nachdem der Nerv $^3/_4$ Minute geruht hatte, zu einer schwächeren Reizung (20 Widerstandseinheiten). Jetzt war die richtige Stärke der Ströme getroffen, um den Puls häufiger zu machen, und noch wirksamer wurde die Reizung, als wir in No. 10 und 11

[1] 10 Raumtheile concentrirter Schwefelsäure mit 90 Raumtheilen destillirten Wassers.

nur 10 Widerstandseinheiten in die Nebenschliessung aufnahmen und die Einwirkung der Wechselströme 2 Minuten andauern liessen: die Pulsfrequenz stieg von 188 bis zu 230, also um 42 Schläge in der Minute. In der Ruhe sank die Frequenz wieder, und zwar sogleich in der ersten Minute auf 209, in der dritten auf 203, und als dann wieder mit schwachen Strömen gereizt ward, stieg die Häufigkeit in der ersten Minute wieder auf 220, in der zweiten auf 227, um in der Ruhe von Neuem zu sinken (No. 12—18).

So wie daher die richtige Stärke der Ströme getroffen war, ergab jede Reizung eine Frequenzvermehrung, eine stärkere Reizung setzte die Frequenz herab, und zwischen den schwächsten und stärksten Strömen, die hier zur Anwendung kamen, lag eine mittlere Stärke von indifferenter Wirkung.

Wir haben die obige Versuchsreihe mitgetheilt auf die Gefahr hin, dass jüngere, noch unbefangene Leser die wiederholte Bestätigung der früher von Moleschott veröffentlichten Thatsachen langweilig finden mögen. Diese Abhandlung dürfte aber Manchem zu Gesicht kommen, dem jene ältere nicht zugleich vorliegt, und ganz hiervon abgesehen, — wo sich der Irrthum nicht bloss ein Nest, sondern auch eine Krone gebaut hat, der viele ausgezeichnete Forscher durch ihre Namen einen blendenden Glanz ertheilten, da darf man sich nicht scheuen, das Gewicht der Thatsachen dem schmuckvollen Verdienst der Kürze vorzuziehen.

Die folgenden Beobachtungen bedürfen einer ähnlichen Entschuldigung nicht. Sie wurden nämlich mit Hülfe unpolarisirbarer Elektroden gewonnen. Diese bestanden in Fliesspapier-Bäuschen, 21 C. M. lang, an dem einen Ende 8, an dem andern 6 M. M. breit, welche, mit einer gesättigten Auflösung schwefelsauren Zinkoxyds getränkt, in einer eben solchen Lösung beim Versuche getaucht waren; die Gefässe mit den Bäuschen und der Zinklösung enthielten ferner amalgamirte Zinkplatten, $5^1/_2$ C. M. lang und 12 M. M. breit, die mit Drähten zusammenhingen, welche durch Quecksilbernäpfchen mit den Drähten der secundären Rolle von Du Bois-Reymond's Schlittenapparat verbunden waren. Die schmalen Enden der Bäusche wurden auf eine passende Glasplatte gelegt und an den Stellen, welche den

Nerven aufnehmen mussten, mit Eiweisshäutchen bedeckt, wie sie von Du Bois-Reymond für die Multiplicatorversuche eingeführt worden.

Am 28. Februar 1861 wurde einem grossen Kaninchen der linke Vagus hoch oben durchschnitten, in grosser Ausdehnung nach unten frei präparirt, was ohne allen Blutverlust gelang, und dann auf die beschriebenen unpolarisirbaren Elektroden gelegt.

Tabelle II.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 48′					Ruhe	57	114	174	235
2	„ 49′	1 Daniell	28 C. M.	1000 M.	8 M. M.	Reizung	62	122	185	248
3	„ 50′					Ruhe	58	113	171	233
4	„ 51′	„	„	2000 „	„	Reizung	59	122	189	252
5	„ 52′					Ruhe	60	120	180	237
6	„ 53′					„	55	110	169	224
7	„ 54′	„	„	4000 „	„	Reizung	57	118	182	244
8	„ 55′	„	„	9000 „	„	„	60	120	185	250
9	„ 56′					Ruhe	56	110	167	220
10	„ 57′	„	„	„	„	Reizung	60	122	183	248
11	„ 58′					Ruhe	56	108	165	218
12	„ 59′	„	„	0	„	Reizung	60	123	188	252
13	12 h					Ruhe	56	114	173	230
14	12 h 1′	„	—8½ „	„	„	Reizung	0	0	0	0
15	„ 3′	1 Grove	—5½ „	„	„	„	2	Stillstand[1]		
16	„ 5′	2 „	—2½ „	„	„	„	0	0		

Weil mit den unpolarisirbaren Elektroden ein grösserer Widerstand in dem Kreise der secundären Rolle gegeben war, griffen wir sogleich zu stärkeren Strömen, um vermehrte Frequenz zu erzielen, indem wir die Widerstandseinheiten in der Nebenschliessung nicht nach Einern oder Zehnern, sondern nach Hunderten zählten. Gleich der erste Griff war ein glücklicher, um aber den schönsten Erfolg zu erzielen durften wir durch Vermehrung des Widerstands in der Nebenschliessung die Ströme noch stärker machen. Die Frequenzzu-

[1]) Der Stillstand dauerte 20 Secunden, dann 1 Herzschlag und erst 7 Secunden später der zweite.

nahme während der Reizung betrug 13 bis 34 Schläge in der Minute (No. 2 und No. 12). Jeder Versuch, so lange die Nebenschliessung angewandt war, ergab vermehrte Häufigkeit, und der grösste Zuwachs ward in dem Fall beobachtet, als bei einem Rollenabstande von 28 C. M. die Nebenschliessung ganz beseitigt worden.

Durch Uebereinanderschieben der Rollen, während die Nebenschliessung wegblieb, wurde ein Stillstand des Herzens erzeugt, der 1 ganze Minute dauerte (No. 14); in No. 16 unter Anwendung von 2 Grove'schen Elementen stand das Herz $^1/_2$ Minute still.

Von einer durch das Cerebrospinalsystem vermittelten Reflexwirkung konnte nicht die Rede sein, da der Nerv vom Hirn getrennt war; dass aber auch wenn der unversehrte Vagus auf den Elektroden liegt, keine reflectorische Reizung mit im Spiele ist, beweist die folgende Versuchsreihe, die an dem centralen Ende des tief unten durchschnittenen linken Vagus eines Kaninchens gewonnen wurde. Die Ströme wurden mittelst der unpolarisirbaren Elektroden zugeführt.

Tabelle III.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
1	12 h 29′					Ruhe	62	120	178	240	
2	„ 30′					„	59	117	174	234	
3	„ 31′					„	—	108	162	220	
4	„ 32′	1 Daniell	28 C.M.	2000 M.	8MM.	„	54	110	160	220	
5	„ 33′					Reizung	55	106	157	212	
6	„ 34′					Ruhe	53	108	160	216	
7	„ 35′	„	„	1000 „	„	Reizung	52	104	157	212	starke Zuckungen
8	„ 36′					Ruhe	53	—	160	214	
9	„ 37′	„	„	500 „	„	Reizung	52	106	157	210	Zuckungen
10	„ 38′					Ruhe	53	106	159	214	
11	„ 39′	„	„	200 „	„	Reizung	53	107	159	214	Zuckungen
12	„ 40′					Ruhe	53	106	160	216	
13	„ 41′	„	„	100 „	„	Reizung	54	108	159	213	Zuckungen
14	„ 42′					Ruhe	53	104	159	210	
15	„ 43′	„	„	9000 „	„	Reizung	51	102	153	205	Zuckungen
16	„ 44′					Ruhe	50	102	154	208	Zuckungen
17	„ 45′	„	„	0	„	Reizung	52	103	152	204	Zuckungen
18	„ 46′					Ruhe	52	104	156	208	

Es wurde siebenmal gereizt, mit schwachen Strömen verschiedener Ordnung, ohne dass ein einziges Mal vermehrte Häufigkeit des Pulses die Folge gewesen wäre. Der mittlere Unterschied zwischen den während der Reizung und in den unmittelbar vorausgegangenen Ruhe-Minuten beobachteten Pulszahlen betrug für den Zustand der Reizung — 4 (Minimum 0, Maximum — 8). Bei einer mittleren Frequenz von 215 Schlägen in der Minute wird man einem mittleren Unterschied von 4 Schlägen keine gesetzmässige Bedeutung beilegen dürfen, obgleich der mittlere Unterschied zwischen den in der Ruhe beobachteten Pulszahlen nicht ganz 2 ($1^5/_7$) beträgt. Diese Auffassung wird bestätigt durch das in Tabelle VI, S. 417 von Moleschott's oben angeführter Abhandlung verzeichnete Resultat. Dort beträgt die Frequenz während der Reizung + $^1/_3$ eines Herzschlags mehr als in der Ruhe, und die mittlere Pulszahl in der Ruhe war 175. Fügt man hinzu, dass man durch Reizung des peripherischen Endes des Vagus eine ebenso ansehnliche Frequenzsteigerung hervorbringen kann, wie durch Reizung des unversehrten Nerven, so wird sich aus den von uns gewonnenen Erfahrungen nur folgern lassen, dass keine in den grossen Centralheerden vermittelte Reflexwirkung im Spiele ist, wenn Reizung des undurchschnittenen Vagus den Herzschlag häufiger macht.

Diejenige Vagus-Reizung, welche die Pulsfrequenz vermehrt, ruft alle die Veränderungen hervor, welche bei der Kraftbethätigung eines motorischen Nerven und der von diesem versorgten Muskeln zu beobachten sind.

Reizt man den Vagus eines Kaninchens mit Wechselströmen von der Ordnung, dass eine vermehrte Häufigkeit des Herzschlags die Folge der Reizung ist, dann wird im Nerven der elektrische Bewegungsvorgang wahrgenommen, den der Multiplicator in erfolgreich gereizten Nerven durch eine Schwankung der Stromstärke des ruhenden Nerven anzeigt. Es ist nur daran zu erinnern, dass nach Moleschott's Entdeckung diese Schwankung nicht bloss, wie man

durch Du Bois-Reymond's Untersuchungen weiss, negativ, sondern auch positiv sein kann [1]).

Ohne die von Du Bois-Reymond verbesserte, in einem so merkwürdigen Grade gleichartige und unpolarisirbare Zuleitungsvorrichtung (amalgamirte Zinkplatten und schwefelsaure Zinklösung statt Platinplatten und Kochsalz), hätten wir nicht daran denken können, so kleine Schwankungen, wie sie bei diesen Untersuchungen zu erwarten waren und auch wirklich beobachtet worden sind, in ihrer Gesetzmässigkeit zu erkennen. Wenn uns dies also gelungen ist, so haben wir es den ebenso mühsamen als erfolgreichen Vorarbeiten Du Bois-Reymond's zu verdanken.

Die Vagi, deren Verhalten wir am Multiplicator geprüft haben, wurden dem lebenden Kaninchen ausgeschnitten und allsogleich mit dem peripherischen Ende den Zuleitungsbäuschen aufgelegt. Wir lassen zunächst einige der angestellten Beobachtungen in tabellarischer Zusammenstellung hier folgen. Die Zuleitung der reizenden Ströme geschah mit Hülfe des von Du Bois-Reymond angegebenen Halters mit den Platinschaufeln.

Tabelle IV.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11h 28′				Ruhe	20°	10°		
2	„ 28½′	1 Grove	28 C. M.	5 M.	Reizung			9°	—1°
3	„ 29′	„	„	10 „	„			„	
4	„ 29½′	„	„	15 „	„			„	
5	„ 30′	„	„	20 „	„			„	
6	„ 30½′	„	„	25 „	„			8½°	—1½°
7	„ 31′	„	„	30 „	„			8°	—2°
8	„ 31½′	„	„	35 „	„			„	
9	„ 32′	„	„	40 „	„			„	
10	„ 32½′	„	„	45 „	„			6°	—4°
11	„ 33′	„	„	50 „	„			6½°	—3½°
12	„ 34′				Ruhe		9°		

[1]) Jac. Moleschott, der bewegungvermittelnde Vorgang im Nerven kann auch von einer positiven Schwankung des Nervenstroms begleitet sein, im vorliegenden Bande dieser Untersuchungen, S. 1 u. folg.

Schwache Reizung des Vagus, $4^1/_2$ Minuten lang fortgesetzt, brachte also eine negative Schwankung von 4^0 hervor, oder wenn man annehmen will, dass um 11 h $32^1/_2{}'$ (in No. 10) die dem Strom des ruhenden Nerven entsprechende constante Ablenkung nur noch 9^0 betragen hätte, eine negative Schwankung von -3^0. Nachher, als die Reizung aufgehoben war, ging die Nadel wieder von $6^1/_2$ auf 9^0 zurück (No. 12), und diese Rückkehr oder Annäherung zur constanten Ablenkung, die in der vorausgehenden Ruhe bestand, ist von uns in allen Fällen beobachtet worden, denen wir eine Beweiskraft für den Zusammenhang der Schwankung mit der angewandten Reizung zugeschrieben haben.

Als die Nadel nach Aufhebung der Reizung wieder ruhig auf 9^0 stand, haben wir mit starken Wechselströmen (1 Grove, Rollen über einander, ohne Nebenschliessung) gereizt, und erst als die Reizung 10 Secunden gedauert hatte, ergab sich eine negative Schwankung von 1^0.

Zweimal wurde eine negative Schwankung von 2^0 in demselben Augenblicke beobachtet, als die Strecke des Nerven, welche zwischen den Platinschaufeln lag, ohne dass elektrisch gereizt wurde, mit Eiweisslösung betupft ward.

Tabelle V.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11h 12′				Ruhe	11^0	7^0		
2	„ 14′	1 Daniell, SO^3 10%	28 C. M.	5 M.	Reizung				
3	„ $14^1/_2{}'$	„	„	10 „	„				
4	„ 15′	„	„	15 „	„				
5	„ $15^1/_2{}'$	„	„	20 „	„				
6	„ 16′	„	„	25 „	„				
7	„ $16^1/_2{}'$	„	„	30 „	„			5^0	-2^0
8	„ 17′	„	„	35 „	„			4^0	-3^0
9	„ 18′				Ruhe		6^0		

Es wurde nach demselben Princip gereizt wie in der Versuchsreihe; die in Tabelle IV verzeichnet ist, nämlich mit einer Einschaltung von 5 Widerstandseinheiten in der Nebenschliessung angefangen und nach Verfluss je einer halben Minute 5 Einheiten mehr eingeschaltet, um durch allmälige Verstärkung der Wechselströme mit Sicherheit die richtige Stärke des Reizes zu treffen. Im Ganzen wurde $3^1/_2$ Minuten gereizt und erst nach $2^1/_2$ Minuten, als 30 Einheiten in die Nebenschliessung aufgenommen waren, wurde eine negative Schwankung von 2^0 erreicht, die in der nächsten halben Minute auf 3^0 wuchs. In der darauf folgenden Ruhe kehrte die Nadel auf 6^0 zurück.

Dann wurde um 11 h $18^1/_2'$ zehn Secunden lang mit starken Wechselströmen gereizt (Rollenabstand — $8^1/_2$ C. M., Nebenschliessung 0), und es erfolgte gar keine Schwankung; um 11 h $21'$ wurde dieselbe Reizung wiederholt, und nun wurde, aber erst gegen Ende der zehn Secunden eine negative Schwankung von 1^0 hervorgebracht.

Tabelle VI.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 34′				Ruhe	19^0	10^0		
2	„ 36′	1 Daniell	28 C. M.	5 M.	Reizung				
3	„ $36^1/_2'$	„	„	10 „	„			9^0	-1^0
4	„ 37′	„	„	15 „	„			„	
5	„ $37^1/_2'$	„	„	20 „	„			„	
6	„ 38′	„	„	25 „	„			„	
7	„ $38^1/_2'$	„	„	30 „	„			8^0	-2^0
8	„ 39′	„	„	35 „	„			„	
9	„ $39^1/_2'$	„	„	40 „	„			„	
10	„ 40′	„	„	45 „	„			„	
11	„ $40^1/_2'$	„	„	50 „	„			„	
12	„ 41′	„	„	55 „	„			„	
13	„ $41^1/_2'$	„	„	60 „	„			„	
14	„ 42′	„	„	65 „	„			„	
15	„ $42^1/_2'$	„	„	70 „	„			7^0	-3^0

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
16	11 h 43′	1 Daniell	28 C. M.	75 M.	Reizung			7⁰	
17	„ 43½′	„	„	80 „	„			„	
18	„ 44′	„	„	85 „	„			„	
19	„ 44½′	„	„	90 „	„			„	
20	„ 45′	„	„	95 „	„			„	
21	„ 45½′	„	„	100 „	„			„	
22	„ 46′				Ruhe		9⁰		

Der Nerv, welcher die vorstehende Tabelle geliefert hatte, wurde dann mit Eiweiss befeuchtet und um 11 h 52′ noch einmal auf die Bäusche gelegt. Er gab jetzt eine constante Ablenkung von 7⁰, und als er mit schwachen Wechselströmen (1 Daniell, Rollenabstand 28 C. M., Nebenschliessung 35 M.) gereizt wurde, erfolgte sogleich eine negative Schwankung von 1⁰; die Reizung wurde 3 Minuten lang fortgesetzt, die Nadel blieb während dieser ganzen Zeit auf 6⁰ stehen und kehrte, als die Reizung aufgehoben ward, zu der ursprünglichen Ablenkung von 7⁰ zurück. Hier wurde also, mit Hülfe der durch Tabelle VI erzielten Orientirung, sogleich die richtige Stromstärke getroffen und sogleich eine negative Schwankung hervorgebracht.

Starke Ströme (1 Daniell, Rollen übereinander, Nebenschliessung 0) erzeugten erst nach 8 Secunden eine negative Schwankung von 1⁰.

Tabelle VII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 32′				Ruhe	24⁰	8⁰		
2	„ „	1 Daniell	28 C. M.	vollkommen	Reizung			+ 3⁰	—5⁰
3	„ 33′				Ruhe		8⁰		
4	„ 41′				„		7⁰		
5	„ „	„	„	5 M.	Reizung			+ 4⁰	—3⁰
6	„ 42′				Ruhe		7⁰		
7	„ 44′				„		5⁰		
8	„ „	„	„	1 „	Reizung			+ 3½	—1½
9	„ 45′				Ruhe		6⁰		

Tabelle VIII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	12 h				Ruhe	22°	10°		
2	12 h 2′	1 Daniell	28 C. M.	1 M.	Reizung			+ 13°	+ 3°
3	„ 3′				Ruhe		10°		
4	„ „	„	„	5 „	Reizung			+ 11°	+ 1°
5	„ 4′				Ruhe		10°		
6	„ 5′				„		9°		
7	„ „	„	„	50 „	Reizung			+ 11°	+ 2°
8	„ 7′				Ruhe		9°		
9	„ „	„	„	100 „	Reizung			+ 11°	+ 2°
10	„ 8′				Ruhe		9°		
11	„ 10′	„	„	300 „	Reizung			+ 12°	+ 3°
12	„ „				Ruhe		10°		
13	„ 12′	„	„	400 „	Reizung			+ 12°	+ 2°
14	„ 14′				Ruhe		9°		
15	„ 17′				„		10°		
16	„ „	„	„	50 „	Reizung			+ 11°	+ 1°
17	„ 18′				Ruhe		9°		
18	„ „	„	„	vollkommen	Reizung			+ 11½°	+ 2½°
19	„ 19′				Ruhe		10°		
20	„ „	„	„	9000M.	Reizung			+ 11°	+ 1°
21	„ 20′				Ruhe		9°		
22	„ „	„	„	0	Reizung			+ 11°	+ 2°
23	„ 21′				Ruhe		9°		
24	„ „	„	—8½ „	„	Reizung			+ 12°	+ 3°
25	„ 22′				Ruhe		9°		
26	„ „	„	„	„	Reizung			+ 12°	+ 3°
27	„ 25′				Ruhe		9°		
28	„ „	„	28 „	1 M.	Reizung			+ 11°	+ 2°
29	„ 26′				Ruhe		9°		

Tabelle VII haben wir aus dem von uns gewonnenen Beobachtungsmaterial zur Veröffentlichung ausgewählt, weil sie ein Beispiel enthält von dem Maximum der negativen Schwankung, welches wir durch schwache Reizung des Vagus erzielt haben; Tabelle VIII, weil in ihr alle Reizungen, auch die starken (vgl. No. 24 und 26), von einer positiven Schwankung begleitet waren, welche 1 bis 3° betrug.

Wir hatten es mit einem sehr ausdauernden Nerven zu thun; vor der ersten Reizung betrug die constante Ablenkung 10^0, und 26 Minuten später, nach der dreizehnten Reizung stand die Nadel noch auf 9^0. Dadurch erklärt es sich, dass die Reizung 13mal mit dem Erfolg einer positiven Schwankung vorgenommen werden konnte. Die starken Ströme brachten gegen Ende der Versuchsreihe eine etwas stärkere positive Schwankung hervor als die schwachen (3^0 in No. 24 und 28, 2^0 in No. 22 und 28). Im Anfang hatte aber die schwächste Reizung (No. 2) einen ebenso grossen Erfolg als später die stärkste.

In der grossen Mehrzahl der Fälle brachten die Reizversuche, in welchen Wechselströme von der Stärke angewandt wurden, die jedesmal das Herz zum Stillstand zwingen, keine oder erst nach 8 bis 13 Secunden eine Schwankung hervor. Zum Beleg hierfür mögen noch zwei Tabellen aus unserem Tagebuch mitgetheilt werden, die das Bemerkenswerthe zeigen, dass schwache Wechselströme, nach wiederholter Anwendung der starken Reizung, zu negativen oder positiven Schwankungen führten. Die Reizung dauerte in den beiden Versuchsreihen jedesmal eine halbe Minute.

Tabelle IX.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 21′				Ruhe	26^0	10^0		
2	„ „	1 Grove	$8\frac{1}{2}$ C.M.	0	Reizung				0
3	„ 23′				Ruhe		8^0		
4	„ 30′				„		6^0		
5	„ „	„	„	„	Reizung				0
6	„ 32′				Ruhe		5^0		
7	„ „	„	„	„	Reizung				0
8	„ 35′				Ruhe		4^0		
9	„ „	1 Daniell	+28 CM.	„	Reizung				0
10	„ 38′				Ruhe		4^0		
11	„ „	„	„	100 M.	Reizung			$+5^0$	$+1^0$
12	„ 40′				Ruhe		4^0		

Tabelle X.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 51′				Ruhe	18°	9°		
2	„ „	1 Grove	8½ C.M.	0	Reizung				0
3	„ 54′				Ruhe		7°		
4	„ „	„	„	„	Reizung				0
5	„ 57′				Ruhe		6°		
6	„ „	1 Daniell	+28 CM.	100 M.	Reizung				0
7	„ 59′				Ruhe		5°		
8	„ „	„	28 C. M.	50 „	Reizung				0
9	12 h				Ruhe		6°		
10	„	„	„	5 „	Reizung			+ 4°	— 2°
11	„ 3′				Ruhe		5°		
12	„ „	„	„	„	Reizung			+ 4°	— 1°
13	„ 7′				Ruhe		6°		
14	„ „	1 Grove	8½ C.M.	0	Reizung				0
15	„ 10′				Ruhe		7°		
16	„ „	„	„	„	Reizung				0

Die negativen Schwankungen, welche in No. 10 und 12 der Tabelle X verzeichnet sind, traten die erstere 4, die zweite 5 Secunden nach Beginn der Reizung ein.

Bei Anwendung starker Wechselströme auf den Vagus sahen wir eine Veränderung in der Nadelablenkung nur sehr selten früher als 8 Secunden nach Beginn der Reizung eintreten, während der frische N. cruralis des Kaninchens, den wir auf gleiche Weise behandelten, schon nach 3 bis längstens 6 Secunden eine negative Schwankung liefert, die in unseren Versuchen nie mehr als 3° betrug. Die Ablenkungen, welche der Strom des ruhenden N. cruralis an der Multiplicator-Nadel hervorbrachte, bewegten sich zwischen denselben Grenzen wie die vom Vagus erzeugten. Einmal haben wir einen frisch ausgeschnittenen Cruralnerven des Kaninchens mit Wechselströmen von der Ordnung behandelt, welche auf den Vagus angewandt vermehrte Pulsfrequenz und Stromschwankung hervorgerufen hätten; vor der Reizung hatte der Nerv eine constante Ablenkung von 7° erzeugt; als die Wechselströme, durch 1 Daniell'sches Ele-

ment, bei einem Rollenabstande von 28 C. M. und einer Nebenschliessung von 50 M., erzeugt wurden, begab sich die Nadel auf 6^0 und blieb da stehen, als wir die Reizung allmälig verstärkten, allein nach Aufhebung der Reizung kehrte die Nadel nicht in ihre ursprüngliche Stellung zurück, so dass es zweifelhaft war, ob die um 1^0 verminderte Nadelablenkung eine durch die Reizung bedingte negative Schwankung oder eine durch das Absterben herbeigeführte Schwächung des Nervenstroms verrieth.

Es wäre unnöthig, die hier mitgetheilten Beobachtungen durch ähnliche Angaben aus unserem Tagebuch zu vermehren. Das vorgeführte Material reicht aus, um zu zeigen, dass jene schwachen Wechselströme, die, wenn sie auf den Vagus einwirken, den Herzschlag häufiger machen, negative oder — in seltneren Fällen — positive Schwankungen des Nervenstroms hervorrufen, während starke Wechselströme, die den Herzschlag seltener machen oder das Herz zum Stillstand zwingen würden, entweder gar keine oder erst nach vielen Secunden eine meist sehr unbedeutende Schwankung wahrnehmen lassen. Es wäre sehr bestechend, anzunehmen, dass diese Schwankung auf eine vom Absterben bedingte Schwächung des Nervenstroms hinweise; dagegen spricht aber, dass wir mehrfach die Nadel nach einer durch starke Ströme hervorgebrachten Schwankung wieder in die ursprüngliche Lage zurückkehren sahen. Tabelle VIII zeigt in No. 23 bis 27 Beispiele der Art, in welchen die starken Wechselströme eine positive Schwankung bewirkten, wir haben aber das Gleiche viermal auch nach einer durch starke Reizung hervorgebrachten negativen Schwankung gesehen.

Wie viel leichter die schwachen Wechselströme eine der Reizung entsprechende Schwankung des Vagus-Stroms hervorrufen, als dies durch starke Wechselströme geschieht, lehrt die Tabelle X (S. 65); in der dort mitgetheilten Versuchsreihe bewirkten nur die ganz schwachen Ströme eine negative Schwankung, die stärkeren und starken, welche *vor* und *nach* jenen schwächsten angewandt wurden, thaten es niemals. Der Parallelismus mit den Veränderungen der Pulsfrequenz, wie sie die Vagus-Reizung bewirkt, springt in die Augen.

Nach diesen Erfahrungen gingen wir mit den besten Erwartungen

an chemische Reizversuche, bei denen uns der Multiplicator lehren sollte, ob ein elektrischer Bewegungsvorgang im Nerven nachzuweisen wäre, während das centrale Ende des Nerven chemisch gereizt wurde, und wir sahen uns in unseren Hoffnungen nicht getäuscht.

Zunächst haben wir das centrale Ende durch eine Kochsalzlösung gereizt, die wie diejenige, deren Anwendung auf den Vagus früher eine vermehrte Pulsfrequenz erzeugt hatte [1]), aus 1 Raumtheil einer gesättigten Lösung mit 3 Raumtheilen destillirten Wassers bestand. Das Ergebniss der Versuche ist in folgenden Tabellen niedergelegt.

Tabelle XI.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Nerven.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 27′		Ruhe	18°	6°		
		Das centrale Ende wird in die Kochsalzlösung ge-					
2	„ „	taucht	Reizung			+ 5°	— 1°
3	„ 29′		„			+ 4°	— 2°
4	„ 31′		„			+ 3°	— 3°
5	„ 36′	Das in Kochsalz tauchende Ende wird abgeschnitten und der ganze übrig bleibende Theil des Nerven in Eiweisslösung gebadet,	„			+ 2°	— 4°
6	„ 42′	dann frisch aufgelegt	Ruhe	14°	6°		

Durch die blosse Einwirkung des Kochsalzes wurde also eine negative Schwankung von 3° hervorgebracht, die durch die mechanische Reizung des Durchschneidens noch um 1° erhöht wurde. Als der Nerv 6 Minuten lang in Eiweisslösung gebadet worden, um ihn durch Entfernung des etwa gegen das peripherische Ende vorgedrungenen Kochsalzes und Befeuchtung so gut als möglich in integrum zu resti-

[1]) Vergl. Moleschott, a. a. O. S. 456, 457.

tuiren, gab er zwar einen ersten Ausschlag, der um 4° kleiner war, als der vom frischen Nerven gewonnene, aber die constante Ablenkung war wieder 6° (vgl. No. 1 und No. 6).

Tabelle XII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Nerven.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 58′		Ruhe	19°	6°		
2	„ 59′	Das centrale Ende wird in die Kochsalzlösung getaucht	Reizung				
3	12 h 1′		„			+ 5°	— 1°
4	„ 6′	Das in die Kochsalzlösung tauchende Ende des Nerven wird mit einer frischen Schnittfläche versehen	„			+ 6°	+ 1°
5	„ 8′		„			+ 8°	+ 2°
6	„ 12′		„			+ 4°	— 4°
7	„ 13½′		„			+ 6°	+ 2°
8	„ 15½′	Die Schnittfläche auf's Neue angefrischt	„			+ 8°	+ 2°
9	„ 16½′		„			+ 6°	— 2°

Unter der Rubrik Schwankung sind immer die Unterschiede gegen die unmittelbar vorher beobachtete Nadelstellung angegeben; die Zahlen lehren, dass während der über eine Viertelstunde andauernden Kochsalzwirkung der Nervenstrom wiederholte Schwankungen erlitt, bald im negativen bald im positiven Sinne.

Der zeitliche Verlauf der durch die Kochsalzlösung hervorgebrachten Schwankungen des Nervenstroms zeigt in beiden Tabellen einen sehr befriedigenden Einklang mit dem zeitlichen Verlauf der durch die gleiche Reizung gesteigerten Frequenz des Herzschlags [1].

[1] Vgl. die Tabellen XXIX und XXX in Moleschott's citirter Abhandlung, S. 457—460.

Die Kochsalzwirkung macht sich in beiden Fällen durch fortschreitende Diffusion erst allmälig in ihrem ganzen Umfang geltend.

Als zweite Methode der chemischen Reizung haben wir das Austrocknen mittelst grosser, dem Nerven genäherter Chlorcalciumstücke benützt. Das peripherische Ende der Nerven lag auf den Bäuschen, das centrale auf Du Bois-Reymond's Träger mit der Glasplatte, welche eine bequeme Unterlage für die Chlorcalciumstücke darbot. Ueber den Erfolg unserer Bemühungen berichten die Tabellen XIII und XIV.

Tabelle XIII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Nerven.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 17′		Ruhe	22°	10°		
2	„ 18′	Das Austrocknen beginnt	Reizung				
3	„ 19′		„			+ 12°	+ 2°
4	„ 20½′		„			+ 11°	— 1°
5	„ 24½′		„			+ 9°	— 2°
6	„ 27′		„			+ 10°	+ 1°
7	„ 30′		„			+ 9°	— 1°
8	„ 31′		„			+ 8°	— 1°
9	„ 31½′		„			+ 7°	— 1°
10	„ 33′		„			+ 6½°	— ½°
11	„ 34′		„			+ 6°	— ½°

Während also der ruhende Nerv eine constante Ablenkung von 10° darbot, brachte die durch Austrocknen des centralen Endes bewerkstelligte Reizung Nadelstellungen hervor von + 12° bis + 6°, oder Schwankungen von + 2° bis — 4°. In der Tabelle sind unter der Rubrik Schwankung die Unterschiede gegen die zunächst vorausgehende Nadelstellung angegeben; ebenso in der folgenden Tabelle.

Tabelle XIV.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Nerven.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die Reizung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 50′		Ruhe	16°	8°		
2	„ „	Das Trocknen beginnt					
3	„ 53′		Reizung			+ 10°	+ 2°
4	„ 54′		„			+ 9°	— 1°
5	„ 55′		„			+ 8°	— 1°
6	„ 58′	Das getrocknete Ende wird abgeschnitten					
7	12 h		Ruhe		9°		
8	„	Das Trocknen beginnt auf's Neue					
9	12 h 2′		Reizung			+ 8°	— 1°
10	„ 3′		„			+ 9°	+ 1°
11	„ 3½′		„			+ 10°	+ 1°
12	„ 4½′		„			+ 8°	— 2°
13	„ 5½′		„			+ 7°	— 1°
14	„ 8′		„			+ 6°	— 1°
15	„ 9′		„			+ 5°	— 1°
16	„ 12′	Das Trocknen hört auf; der ganze Nerv wird in Eiweiss gebadet					
17	„ 25′		Ruhe	24°	12°		
18	„ 26′	Das Trocknen beginnt					
19	„ 27′		Reizung			+ 11°	— 1°
20	„ 32′		„			+ 10°	— 1°
21	„ 34′		„			+ 8°	— 2°
22	„ 35′		„			+ 6°	— 2°

Die mitgetheilten Zahlen sind selbstredend. Wir heben nur hervor, dass die letzte Ruhestellung der Nadel 12° war (No. 17), und dass ein 9 Minuten lang fortgesetztes Trocknen eine allmälig wachsende negative Schwankung erzeugte, deren Maximum 6° betrug (No. 22).

Endlich haben wir noch die mechanische Reizung auf das centrale Ende des Kaninchen-Vagus angewandt, während das peripherische Ende auf den Bäuschen lag. Die Reizung wurde entweder durch allmälig steigende Belastung oder mittelst der Durchschneidung mit

einer scharfen Scheere angewandt. Einmal legten wir auf das mit einem Stückchen Wachstaffet bedeckte centrale Ende eines Vagus, der im Zustande der Ruhe eine constante Ablenkung von 3° lieferte, erst 1 Gramm, dann 5, 10, 20 Gramm, ohne dass eine Schwankung erfolgte; als wir aber den Nerven mit 50 Gramm belasteten, ergab sich eine negative Schwankung von 1°, und nach Wegnahme des Gewichtes kehrte die Nadel auf 3° zurück. Ein anderes Mal lag ein Vagus auf den Bäuschen, der, ruhend, eine constante Ablenkung von 13° hervorbrachte; das centrale Ende wurde durchschnitten, und in demselben Augenblicke entstand eine positive Schwankung von 1°, worauf die Nadel alsbald wieder auf 13° sich einstellte und stehen blieb. In einem dritten Versuch bewirkte die Durchschneidung eine negative Schwankung von 2°.

Hier mag noch im Vorbeigehen bemerkt werden, dass der stärkste erste Ausschlag, den uns der ruhende Kaninchen-Vagus geliefert hat, 29° betrug; die constante Ablenkung war dabei 19°; der betreffende Vagus war der linke; der rechte Vagus desselben Kaninchens gab als ersten Ausschlag 29°, als constante Ablenkung 18°.

Nachdem wir den ersten Theil des zu beweisenden Lehrsatzes bewiesen hatten, dass nämlich diejenige (elektrische, chemische, mechanische) Reizung des Vagus, welche die Häufigkeit des Herzschlags vermehrt, von einem elektrischen Bewegungsvorgang im Nerven begleitet ist, der den bewegungvermittelnden Zustand des Nerven bekundet, blieb uns noch die Aufgabe, den Beweis des zweiten Theils des aufgestellten Satzes zu vervollständigen, dass die in Rede stehende schwache Reizung eine Kraftbethätigung des Herzmuskels hervorruft. Wir sagen: zu vervollständigen — weil ja die durch die Reizung erzeugte Vermehrung der Pulsfrequenz für jeden Unbefangenen den geforderten Beweis bereits erbracht hat. Durch unrichtig gedeutete Thatsachen und in Folge unvollständiger Beobachtungen ist inzwischen die Vorstellung von der Herzfunction des Vagus so befangen, dass es dankbar wäre, die Anhänger der Hemmungstheorie stellten die Mei-

nung auf, die häufigeren Zusammenziehungen des Herzens seien so schwach, dass ihre grössere Zahl in der Zeiteinheit durch ihre geringere Kraft mehr als aufgewogen würde.

Wir haben daher einige Bestimmungen des Seitendrucks, mit welchem das Blut auf der Gefässwand lastet, in der Ruhe des Vagus, und während seine Reizung die Pulsfrequenz erhöht, vorgenommen. Das Kymographion, dessen wir uns bedienten, war ein von Herrn Keinath in Tübingen angefertigtes. Die Röhre, welche das Manometer mit dem in die Arterien eingebundenen Messingröhrchen verband, war eine gebrochene Glasröhre, deren Stücke, durch fest angebundene Kautschuckröhren mit ihren glatten Rändern in wechselseitiger Berührung erhalten, Beweglichkeit genug behielten, um bei unvorhergesehenen Bewegungen das Zerbrechen der Glasröhren zu verhüten. Diese Röhre war mit einer erwärmten gesättigten Glaubersalzlösung [1]) gefüllt, deren specifisches Gewicht bei 15° C. gleich 1075 war. Mit dieser Lösung wurde auch das in die Arterie eingebundene Messingröhrchen so gut als möglich gefüllt, bevor wir es mit dem Glasrohr, das zum Manometer führte, verbanden. Der Schwimmer des Manometers trug eine zugespitzte Schweinsborste; die Trommel des Kymographions war mit Papier bedeckt, das über einer Terpentinflamme berusst war. Nach dem Aufzeichnen der Curven wurde das berusste Papier für einige Augenblicke in eine weingeistige Colophoniumlösung gelegt, um die Curven zu fixiren. Letztere wurden auf Postpapier durchgepauscht und dann der einer jeden Curve entsprechende Mitteldruck nach der von Volkmann in Anwendung gezogenen Methode bestimmt [2]). Die unten mitzutheilenden Zahlen für den Blutdruck sind M. M. Quecksilber; alle unmittelbar gefundenen Zahlen sind corrigirt wie es die auf dem Quecksilber lastende Säule von Glaubersalzlösung erfordert [3]).

---

[1]) Ich ziehe die Glaubersalzlösung bei den hämodynamischen Versuchen dem kohlensauren Natron vor, weil es nach meinen (freilich noch nicht durch Zahlen gesicherten) Erfahrungen die Gerinnung des Blutes wirksamer zu verhindern scheint. Moleschott.

[2]) Volkmann, die Hämodynamik nach Versuchen, Leipzig 1850, S. 170, 171.

[3]) Vgl. Volkmann, a. a. O. S. 133.

Die betreffenden Versuche wurden zuerst an Kaninchen angestellt, um den Vagus ohne den Sympathicus reizen zu können. Bevor die Arterie mit dem Manometer in Verbindung gesetzt ward, wurde durch vorläufige Versuche diejenige elektrische Reizung aufgesucht, welche die beste Vermehrung der Pulsfrequenz hervorbrachte. Es war allemal der linke Vagus, der gereizt, und die rechte Carotis, in welche ein knieförmiges Röhrchen eingebunden wurde. Da hierdurch der Blutstrom in der rechten Carotis abgeschlossen war, wurde der Blutdruck eigentlich in dem Truncus anonymus gemessen. Bei der Complicirtheit der Versuche, gelangen nicht alle; wir haben nur diejenigen Curven benutzt, in denen die der Systole entsprechenden kleinen Wellenberge deutlich ausgeprägt waren.

Tabelle XV.

Kaninchen.

Nummer d. Beobachtung.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Pulsfrequenz in der Minute.	Mittlerer Blutdruck.	Grösse des Unterschieds des Blutdrucks in der Ruhe von dem während der Reizung gefundenen.
1				Ruhe	156	71	
2	1 Daniell	28 C. M.	300 Mtr.	Reizung	204	74,5	3,5
3				Ruhe	?	70	
4	„	„	„	Reizung	?	71,5	1,5
5				Ruhe	155	71	
6	„	„	50 „	Reizung	200	73	2,0

Tabelle XVI.

Kaninchen.

Nummer d. Beobachtung.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Pulsfrequenz in der Minute.	Mittlerer Blutdruck.	Grösse des Unterschieds des Blutdrucks in der Ruhe von dem während der Reizung gefundenen.
1				Ruhe	213	60	
2	1 Daniell	28 C. M.	50 Meter	Reizung	234	67	7

Während einer Vagus-Reizung, welche die Pulsfrequenz bedeutend vermehrte, war also der mittlere Blutdruck bei Kaninchen um 1,5 bis 7 M. M. Quecksilber höher als in der Ruhe, oder da das specifische Gewicht des Quecksilbers beinahe 13mal so gross ist wie das des Bluts, um 19,5 bis 91 M. M. Blut. Das Mittel aus den für den Blutdruck bei Kaninchen gefundenen Werthen ist

während der Vagus-Reizung	71,5	M. M.	Hg,
„ „ Ruhe	68,0	„	„
Unterschied	3,5	„	„

oder 45,5 M. M. Blut.

Mit ähnlichem Erfolg haben wir diese Versuche an einem Hunde mittlerer Grösse wiederholt, und obgleich hier der Vagus im Verein mit dem Sympathicus-Stamme gereizt werden musste, darf doch das Ergebniss dieses Versuchs als eine Bestätigung der vorigen angesehen werden, da ja Moleschott und Nauwerck gezeigt haben, dass der Sympathicus dem Herzen gegenüber dieselbe Innervationsrolle spielt wie der Vagus. Vor dem Aufsuchen des Nervenstamms waren in die Vena jugularis externa 5,5 Gramm Laudanum liquidum Sydenhami eingespritzt worden. Der Nerv war bei der Präparation verwundet worden, die dadurch bedingte Reizung erklärt die hohe Pulsfrequenz während der ganzen Versuchsreihe. Der Blutdruck wurde in der Arteria cruralis bestimmt, in welche ein T förmiges Röhrchen eingebunden war.

Tabelle XVII.

Hund.

Nummer d. Beobachtung.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	Pulsfrequenz in der Minute.	Mittlerer Blutdruck.	Grösse des Unterschieds des Blutdrucks in der Ruhe von dem während der Reizung gefundenen.
1					Ruhe	160	88	
2	1 Daniell	28 C. M.	100 M.	17MM.	Reizung	172	91	3
3					Ruhe	164	88	
4	„	„	„	„	Reizung	173	95	5
5					Ruhe	178	81	
6	„	„	200 „	20 „	Reizung	183	86	7

Während der Reizung war also der Blutdruck um 3 bis 7, durchschnittlich um 5 M. M. Hg (65 M. M. Blut) höher als in der Ruhe.

Die Versuchsreihe am Hunde war insofern nicht glücklich als gerade in den Minuten, in welchen der Blutdruck während der Reizung des Nervenstamms bestimmt wurde, die Frequenzvermehrung nur unbedeutend war (5 bis 12 Schläge in der Minute) [1]). Die geringste Steigerung des Blutdrucks fällt mit der stärksten Frequenzvermehrung zusammen (No. 2); da nun beim Kaninchen die höchste Zunahme des Blutdrucks (7 M. M.) bei der geringsten Frequenzvermehrung (von 213 auf 234) erhalten wurde; da ferner der Hund bei einer mittleren Steigerung des Blutdrucks eine nur zweifelhafte Frequenzvermehrung (von 5 Schlägen) wahrnehmen liess, während uns andrerseits bei Kaninchen Fälle vorgekommen sind, in welchen bei einer bedeutenden Frequenzvermehrung der Blutdruck keine Zunahme (aber auch keine Abnahme) erlitt, — so ergiebt sich, dass die Zunahme der Pulsfrequenz und die Steigerung des Blutdrucks während der Vagus-Reizung nicht gleichen Schritt halten; bald wird mehr die Energie, bald mehr die Häufigkeit der Herzbewegungen durch die schwache Vagus-Reizung gesteigert, gewöhnlich beide zugleich, bisweilen nur eine von beiden.

Diejenige Vagus-Reizung, welche den Herzschlag seltener macht, drückt auch den Blutdruck herab, und zwar in ansehnlicher Weise. Wir haben zum Beleg dieser Thatsache folgende an einem kleinen Kaninchen gewonnene Zahlen mitzutheilen. Der Blutdruck wurde in der Cruralis, oder da ein knieförmiges Röhrchen eingebunden war, eigentlich in der A. iliaca communis gemessen.

---

1) Bei derselben Reizstärke, die in Tabelle XVII, No. 2 und 4, angewandt wurde, hatten wir bevor der Blutdruck untersucht werden sollte, eine Vermehrung der Pulsfrequenz um 31 Schläge erzielt.

Tabelle XVIII

Kaninchen.

Nummer d. Beobachtung	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Pulsfrequenz in der Minute.	Mittlerer Blutdruck.	Grösse des Unterschieds des Blutdrucks in der Ruhe von dem während der Reizung gefundenen.
1				Ruhe	166	125	
2	1 Daniell	0	0	Reizung	79	106	19
3				Ruhe	177	111	
4	„	—1 C.M.	„	Reizung	82	94	17
5				Ruhe	184	130	
6	„	0	„	Reizung	100	106	24
7				Ruhe	179	104	
8	„	„	„	Reizung	89	100	4
9				Ruhe	177	101	
10	„	„	„	Reizung	72	82	19

Während also die starke Vagus-Reizung die Pulsfrequenz durchschnittlich um mehr als die Hälfte herabsetzte, nahm der Blutdruck, wenn wir das Mittel aus den 5 Vergleichsbestimmungen nehmen, um 16 M. M. Hg (oder um 208 M. M. Blut) ab.

Die Werthe für den Blutdruck des Kaninchens, die wir in dieser letzten Versuchsreihe gefunden haben, dürften leicht die höchsten sein, die bis jetzt überhaupt gefunden wurden. Die höchste Zahl, welche Volkmann angiebt [1]), ist 108 nach Blake; unser Mittel beim ruhenden Thiere ist 114, das Maximum 130. Auffallender Weise war das Kaninchen, das diese Zahlen lieferte, so klein, dass wir mit geringer Hoffnung die Versuche unternahmen, während die Thiere, auf welche sich die Tabellen XV und XVI beziehen, obgleich sie *sehr* gross waren, in der Ruhe einen mittleren Druck von nur 68 M. M. Hg lieferten. Dass der letztere Werth um etwa $^2/_5$ kleiner ist als das oben angegebene Mittel (114), darf nicht befremden; nach Ludwig [2]) schwankt der Blutdruck bei Pferden zwischen 321 und 110, bei Schaafen zwischen 206 und 98, bei Hunden zwischen 172 und 88, bei Katzen

---

[1]) Volkmann, Hämodynamik, S. 178.

[2]) Ludwig, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 2. Auflage, Bd. II, S. 173.

zwischen 150 und 71 M. M. Hg; bei Kaninchen fügen wir hinzu zwischen 114 und 50, indem wir das von Ludwig angegebene Minimum aufnehmen und für sein Maximum die von uns gefundene Zahl substituiren.

Wenn diejenige Reizung, welche den Herzschlag häufiger macht, zu lange fortgesetzt wird, dann macht sie schliesslich den Puls bedeutend seltener oder hebt ihn gar vorübergehend auf.

Belege zu diesem Satze finden sich bereits in Moleschott's Untersuchungen über den Einfluss der Vagus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags. Tabelle IX, S. 420, 421 daselbst, berichtet von einem Kaninchen, das in der Ruhe eine Pulsfrequenz von 198 bis 190 Schlägen in der Minute zeigte (No. 1—4); als der linke Vagus desselben in No. 33 durch schwache Wechselströme gereizt ward (1 Daniell, Rollenabstand 28 C. M., Nebenschliessung 10 M.), betrug die Pulsfrequenz 216 in der Minute. Es wurde $4^1/_2$ Minuten mit Wechselströmen von derselben Stärke fortgereizt, und in der letzten halben Minute (No. 37) betrug die Häufigkeit des Herzschlags nur noch 76 statt der 103 Schläge, die in der ersten halben Minute bei gleicher Stärke der Reizung gezählt worden.

In derselben Tabelle findet sich ein anderes Beispiel in No. 49 bis 53. Die Reizung war schwächer, denn statt 10 Widerstandseinheiten war unter übrigens gleichen Bedingungen nur Eine Widerstandseinheit in die Nebenschliessung aufgenommen. Vor Beginn dieser Reizung in No. 48 war die Frequenz 206; sie stieg während der Reizung in der 4. Minute bis auf 221, um in der 5. bis auf 126 zu sinken.

Obwohl sich aus jenen früher gewonnenen Tabellen mehre Beispiele ähnlicher Art beibringen liessen, schien uns die betreffende Thatsache für die Theorie der Vagus-Wirkung allzu wichtig, um sie nicht der Probe wiederholter Versuche zu unterwerfen. Wir lassen einige der betreffenden Beobachtungsreihen folgen.

Tabelle XIX.

Kaninchen, linker Vagus.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 24′					Ruhe	43	86	126	172
2	„ 25′					„	42	84	127	172
3	„ 26′					„	41	80	122	168
4	„ 27′					„	40	82	124	166
5	„ 28′					„	43	88	132	166
6	„ 29′					„	44	87	130	172
7	„ 30′	1 Daniell SO^3 10%	28 C.M.	100 M.	18 M.M.	Reizung	50	98	146	195
8	„ 31′	„	„	„	„	„	48	96	146	196
9	„ 32′	„	„	„	„	„	47	94	142	191
10	„ 33′	„	„	„	„	„	46	92	137	183
11	„ 34′	„	„	„	„	„	45	90	136	180
12	„ 35′	„	„	„	„	„	44	88	132	178
13	„ 36′	„	„	„	„	„	44	86	128	173
14	„ 37′	„	„	„	„	„	44	86	129	170
15	„ 38′	„	„	„	„	„	43	85	129	170
16	„ 39′	„	„	„	„	„	42	84	126	170
17	„ 40′	„	„	„	„	„	44	89	131	174
18	„ 41′	„	„	„	„	„	43	86	129	173
19	„ 42′	„	„	„	„	„	43	86	129	173
20	„ 43′	„	„	„	„	„	42	84	126	169
21	„ 44′	„	„	„	„	„	43	83	124	170
22	„ 45′	„	„	„	„	„	44	83	123	164
23	„ 46′	„	„	„	„	„	42	83	123	165
24	„ 47′	„	„	„	„	„	42	84	125	166
25	„ 48′	„	„	„	„	„	42	84	125	166
26	„ 49′	„	„	„	„	„	43	85	124	164
27	„ 50′	„	„	„	„	„	43	85	126	168
28	„ 51′	„	„	„	„	„	43	83	124	166
29	„ 52′	„	„	„	„	„	43	83	122	160
30	„ 53′	„	„	„	„	„	41	81	122	164
31	„ 54′	„	„	„	„	„	41	82	122	160
32	„ 55′	„	„	„	„	„	39	78	117	158
33	12 h 27′					Ruhe	45	93	139	185
34	„ 28′					„	47	91	136	182
35	„ 29′	„	„	400 M.	„	Reizung	47	98	142	188
36	„ 30′	„	„	„	„	„	48	96	143	190

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
37	12 h 31′	1 Daniell	28 C.M.	400 M.	18 M.M.	Reizung	47	93	137	182
38	„ 32′	„	„	„	„	„	46	90	133	176
39	„ 33′	„	„	„	„	„	43	86	128	170
40	„ 34′	„	„	„	„	„	43	86	128	171
41	„ 35′	„	„	„	„	„	43	85	126	169
42	„ 36′	„	„	„	„	„	41	81	123	164
43	„ 37′	„	„	„	„	„	42	83	123	165
44	„ 38′	„	„	„	„	„	42	83	123	165
45	„ 39′	„	„	„	„	„	39	76	113	153
46	„ 40′	„	„	„	„	„	39	76	113	154
47	„ 41′	„	„	„	„	„	35	76	113	155
48	„ 42′	„	„	„	„	„	36	74	112	153
49	„ 43′	„	„	„	„	„	35	78	118	157
50	„ 44′					Ruhe	45	91	140	189
51	„ 45′					„	50	98	144	194

In No. 7 brachte die schwache Reizung eine um 23 Schläge in der Minute vermehrte Pulsfrequenz hervor; bis No. 13 lag die Frequenz über derjenigen, die in der letzten Ruhe-Minute vor der Reizung bestand; indess schon in No. 9 begann die Frequenz, die in den beiden ersten Minuten der Reizung bestand, wieder abzunehmen. Die Reizung wurde mit gleich starken Wechselströmen 26 Minuten lang fortgesetzt, mit dem Erfolg, dass die Pulszahl in No. 32 nur noch 158, d. h. 14 Schläge weniger als in der Ruhe betrug. In der darauf folgenden Ruhe stieg die Pulsfrequenz wieder um 27 bis 23 Schläge. Nun wurde etwas stärker gereizt, als bisher, und zwar mit etwas zu starken Wechselströmen, um eine bedeutende Frequenzvermehrung zu erzielen; indessen in den beiden ersten Minuten (No. 35, 36) bewirkte die Reizung doch noch eine Zunahme um 6 bis 8 Schläge; in No. 37 stimmte die Häufigkeit des Pulses noch mit der Ruhe in No. 34 überein; in No. 38 begann aber die Reizung, die in gleicher Stärke 15 Minuten lang fortgesetzt wurde, ermüdend zu wirken, so dass in der 12. bis 15. Minute durchschnittlich nur noch 155 Pulsschläge gezählt wurden, oder 27 weniger als in der Ruhe vor der zweiten Reizung. Und als die Reizung aufgehoben ward, stieg die Pulsfre-

quenz wieder und zwar um 32 bis 37 Schläge über die letzte Minute, in der gereizt ward.

Also die schwache Reizung bewirkte in den beiden Anwendungen zunächst vermehrte Häufigkeit des Pulses, dann drückte sie bei längerer Einwirkung die Frequenz erheblich unter die ursprünglich in der Ruhe beobachtete hinab, und so wie die Reizung aufgehoben ward, nahm die Frequenz wieder zu. Wenn aber dieselbe Reizung, welche anfangs den Herzschlag häufiger machte, ihn bei längerer Einwirkung seltener macht, und dann in der Ruhe die Frequenz sich wieder hebt; so heisst das mit anderen Worten: durch die Reizung des Vagus wird das Herz zunächst in erhöhte Thätigkeit versetzt, später ermüdet, und von dieser Ermüdung erholt es sich, wenn man die Reizung aufhebt.

Zu weiterer Bestätigung dieser für die richtige Auffassung der Vaguswirkung so wichtigen Thatsache theilen wir die folgende Tabelle mit.

Tabelle XX.

Kaninchen. Linker Vagus.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 19′					Ruhe	40	81	124	166
2	„ 20′					„	42	83	130	168
3	„ 21′					„	40	81	120	162
4	„ 22′					„	41	83	126	168
5	„ 23′	1 Daniell	28 C.M.	500 M.	17 M.M.	Reizung	44	88	135	183
6	„ 24′	„	„	„	„	„	44	89	134	180
7	„ 25′	„	„	„	„	„	43	84	128	176
8	„ 26′	„	„	„	„	„	36	76	115	162
9	„ 27′	„	„	„	„	„	38	78	120	164
10	„ 28′	„	„	„	„	„	40	81	124	166
11	„ 29′	„	„	„	„	„	41	82	123	164
12	„ 30′	„	„	1000 M.	„	„	43	86	130	176
13	„ 31′	„	„	„	„	„	46	86	128	173
14	„ 32′	„	„	„	„	„	42	82	125	169
15	„ 33′	„	„	„	„	„	41	82	124	167

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
16	11 h 34′	1 Daniell	28 C.M.	1000 M.	17 M.M.	Reizung	40	80	121	164
17	„ 35′	„	„	„	„	„	40	79	120	150
18	„ 36′	„	„	„	„	„	37	74	—	161
19	„ 37′	„	„	„	„	„	40	78	120	159
20	„ 38′	„	„	„	„	„	39	77	119	160
21	„ 39′	„	„	„	„	„	40	81	118	158
22	„ 40′	„	„	„	„	„	39	78	117	158
23	„ 41′	„	„	„	„	„	39	78	118	157
24	„ 42′	„	„	„	„	„	39	78	118	157
25	„ 43′	„	„	„	„	„	38	77	118	158
26	„ 44′	„	„	„	„	„	39	78	117	158
27	„ 45′	„	„	„	„	„	39	78	118	158
28	„ 46′	„	„	„	„	„	38	77	117	156
29	„ 47′	„	„	„	„	„	37	76	116	155
30	„ 48′	„	„	„	„	„	38	77	119	158
31	„ 49′	„	„	„	„	„	39	79	118	158
32	„ 50′	„	„	„	„	„	38	77	117	157
33	„ 51′	„	„	„	„	„	38	78	118	159
34	„ 52′	„	„	„	„	„	40	79	118	159
35	„ 53′					Ruhe	40	81	122	165
36	„ 54′					„	41	83	125	168
37	„ 55′					„	40	80	123	166
38	„ 56′	„	„	2000 M.	„	Reizung	43	87	129	165
39	„ 57′	„	„	„	„	„	34	73	111	142
40	„ 58′	„	„	„	„	„	32	68	107	141
41	„ 59′					Ruhe	41	82	120	162
42	12 h					„	42	82	120	162
43	„ 1′	„	„	„	„	Reizung	43	86	130	174
44	„ 2′	„	„	„	„	„	42	84	126	170
45	„ 3′	„	„	„	„	„	40	80	120	161
46	„ 4′	„	„	„	„	„	39	80	121	162
47	„ 5′	„	„	„	„	„	39	78	120	157
48	„ 6′	„	„	„	„	„	39	77	117	155
49	„ 7′	„	„	„	„	„	39	77	116	156
50	„ 8′					Ruhe	40	81	121	163
51	„ 9′					„	38	79	121	162
52	„ 10′	„	„	3000 M.	„	Reizung	43	85	126	170
53	„ 11′	„	„	„	„	„	40	80	121	161
54	„ 12′	„	„	„	„	„	40	80	120	160
55	„ 13′	„	„	„	„	„	40	80	119	158

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
56	12 h 14′	1 Daniell	28 C.M.	3000 M.	17 M.M.	Reizung	40	77	115	152
57	„ 15′	„	„	„	„	„	36	73	110	147
58	„ 16′	„	„	„	„	„	36	72	110	147
59	„ 17′	„	„	„	„	„	36	73	112	148
60	„ 18′					Ruhe	38	78	120	164
61	„ 19′					„	40	82	124	166
62	„ 20′					„	42	84	126	169

Es wurde in dieser Versuchsreihe, wie schon in der vorigen (Tabelle XIX), von Anfang an mit Wechselströmen gereizt, die unter den schwachen stark genannt werden dürfen, weil es uns nicht so wohl darauf ankam eine bedeutende Frequenzvermehrung hervorzurufen, als vielmehr durch eine Reizung, welche anfangs die Frequenz noch deutlich steigerte, möglichst bald eine Ermüdung des Vagus zu erzielen. Durch die gewählte Reizung wurde in No. 5 eine Zunahme um 15 Herzschläge in der Minute hervorgebracht; drei Minuten lang blieb die Häufigkeit des Herzschlags über der in der Ruhe beobachteten; als dann dieselbe Reizung noch länger fortgesetzt wurde (No. 8—11), sank die Frequenz wieder so ziemlich auf dieselbe Höhe, welche vor der Reizung bestand. Um aber rascher zum Ziel zu gelangen, versuchten wir, ob nicht noch stärkere Ströme im Stande wären, anfangs die Frequenz zu steigern. Dies gelang in der That: in No. 12 stieg die Frequenz von 164 auf 176, als aber dieselbe Reizung 7 Minuten lang fortgesetzt worden war, fiel die Frequenz unter 160 und blieb 16 Minuten lang bei immer gleich bleibender Reizung auf einer niederen Höhe, durchschnittlich 158. In der Ruhe, welche auf diese Reizung folgte stieg die Frequenz wieder, in der zweiten Minute bis auf 168 (No. 36).

Nun wurde auf's Neue und zwar wieder stärker gereizt, mit dem Erfolg, dass anfangs *(in den ersten 3 Viertelsminuten)* die Frequenz ein wenig zunahm, um in der zweiten Minute von 166 auf 142 zu fallen (No. 38—40).

Als die Reizung aufgehoben ward, erholte sich das Herz, so dass es in der Minute wieder 162 Mal schlug (No. 41, 42), und nun

brachte dieselbe Reizung, die zuletzt angewendet worden, wieder eine Zunahme um 12 Schläge hervor (No. 43); auch in der zweiten Minute der Reizung übertraf die Frequenz noch die in der Ruhe beobachtete und zwar um 8 Schläge; dieselben Wechselströme riefen aber bei längerer Anwendung wieder eine Ermüdung hervor, so dass in der siebenten Minute der Reizung nur noch 156 Pulsschläge gezählt wurden.

In der Ruhe wieder Zunahme (auf 163, No. 50); bei nochmaliger und zwar verstärkter Reizung wurde die Frequenz bis auf 170 gesteigert (No. 52); aber bei längerer Fortsetzung derselben Reizung wurde eine solche Ermüdung hervorgebracht, dass die Pulszahl bis auf 147 fiel (No. 57, 58). Und zum Beweise, dass dieses Seltenerwerden des Pulses in der That durch die zu lange fortgesetzte Reizung bewirkt ward, — in drei Minuten der Ruhe stieg die Häufigkeit des Herzschlags wieder auf 169 (No. 62).

Beim Frosche haben wir wiederholt ähnliche und noch deutlicher sprechende Beobachtungen gemacht. Wir sahen nämlich durch Reizung des Herzastes des Vagus erst eine Zeit lang vermehrte Frequenz und dann Stillstand entstehen. Die folgende Tabelle enthält ein ausgewähltes Beispiel dieser Art. Das Versuchsthier war eine Rana temporaria, die schon mehrfach zu Reizversuchen gedient hatte. Es lag der linke Ramus cardiacus auf den Elektroden. Die Reizung geschah mit 1 Grove'schen Elemente, Rollenabstand — $8^1/_2$, ohne Nebenschliessung. Die beobachteten Pulszahlen wurden von 5 zu 5 Secunden eingetragen, um den Gang der Veränderungen mehr im Einzelnen verfolgen zu können.

Tabelle XXI.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	12 h 10′	Ruhe	3	6	11	14	17	21	24	28	32	35	39	42
2	„ 11′	Reizung	3	$9^1/_2$	Stillstand, der 18 Secunden dauert.									
3	„ 11′40″	Ruhe	1	2	4	5	7	9	12	15	18	21	25	29
4	„ 13′	Reizung	6	12	0	0								
5	„ 14′	Ruhe	4	8	11	15	18	22	26	29	33	37	41	44
6	„ 15′	Reizung	7	15	22	27	33	37	43	48	54	61	0	0
7	„ 16′	Ruhe	0	1	4	7	11	14	18	21	24	28	32	39

Bei No. 6 stieg die Häufigkeit des Herzschlags in der ersten Viertelsminute auf das Doppelte (von 11 auf 22), und noch ehe die Minute abgelaufen war, zwang die Reizung das Herz zum Stillstand, welcher 10 Secunden während und überdies noch 5 Secunden nach der Reizung dauerte. Dann erholte sich das Herz allmälig wieder in der Ruhe. Noch langsamer erfolgte die Erholung in No. 3.

Ein anderes Beispiel, ebenfalls den Ramus cardiacus einer Rana temporaria betreffend, wurde bei einer Reizung mit 1 Grove'schen Element, Rollenabstand — 3 C. M., ohne Nebenschliessung gewonnen. Die Zahlen sind in der nächstfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle XXII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	12 h 19′	Ruhe	3½	6	9	11½	14	16½	19	21½	24	27	29½	32
2	„ 20′	Reizung	4½	7	10	12	15	18	21	24	27	30	32	35
3	„ 21′	„	2	3	5	7	10	12½	15	17	19½	21½	24	26½
4	„ 22′	„	2½	—	—	7	9	12	14	16	18½	21	23	25½
5	„ 23′	„	2½	4	6½	9	11	14	16	18½	21	23½	26	29
6	„ 24′	„	2½	5	7½	10	12½	15½	17½	19	22	0		
7	„ 24′50″	Ruhe	0	1	3	7	9½	12	15	17½	20	22½	25	27

Diese Versuchsreihe, der wir mehre andere aus unserem Tagebuch an die Seite stellen könnten, ist insofern noch lehrreicher als die vorige, weil die ermüdende Wirkung der Reizung, welche anfangs die Frequenz vermehrte, sich allmäliger geltend machte, und dennoch schliesslich, ohne dass die Reizung verstärkt wurde, zu einem Stillstand führte, welcher die Reizung noch 7 Secunden überdauerte (No. 6 und 7).

Trotz dem grossen Interesse, das jedes derartige Beispiel für die Theorie der Vagus-Wirkung verdient, da man viele Versuche anstellen muss, um gerade die Stärke der Reizung zu treffen, welche anfangs den Herzschlag noch häufiger zu machen im Stande ist und ihn dennoch schliesslich auf mehre Secunden ganz aufhebt, müssen wir es uns versagen andere gleichartige und mit ähnlichem Erfolg angestellte

Versuchsreihen zu veröffentlichen. Wir dürfen aber nicht unterlassen, ein Beispiel hier mitzutheilen, in welchem bei einer Rana temporaria, starke Reizung (2 Grove'sche Elemente, Rollenabstand — $8^1/_2$ C. M., Nebenschliessung 0) des peripherisch durchschnittenen Laryngeus erst paradoxe Frequenzvermehrung [1]) und nach längerer Einwirkung Stillstand des Herzens hervorrief.

Tabelle XXIII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1	12 h 9′	Ruhe	$2\frac{1}{2}$	—	6	$8\frac{1}{2}$	10	$12\frac{1}{2}$	14	$16\frac{1}{2}$	18	$20\frac{1}{2}$	23	25
2	„ 10′	„			6			$11\frac{1}{2}$			$16\frac{1}{2}$			$21\frac{1}{2}$
3	„ 11′	Reizung	2	4	6	8	$9\frac{1}{2}$	11	13	$14\frac{1}{2}$	16	18	20	21
4	„ 12′	„	2	4	6	8	10	12	14	16	$18\frac{1}{2}$	—	—	25
5	„ 13′	„	$2\frac{1}{2}$	5	7	$9\frac{1}{2}$	11	$13\frac{1}{2}$	$15\frac{1}{2}$	18	$20\frac{1}{2}$	$22\frac{1}{2}$	25	27
6	„ 14′	„	$2\frac{1}{2}$	5	$7\frac{1}{2}$	$9\frac{1}{2}$	12	$14\frac{1}{2}$	$16\frac{1}{2}$	19	$21\frac{1}{2}$	24	26	29
7	„ 15′	„	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	9	11	14	16	$18\frac{1}{2}$	21	23	25	$27\frac{1}{2}$
8	„ 16′	„	2	$4\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	9	$11\frac{1}{2}$	13	16	$18\frac{1}{2}$	21	23	25	$27\frac{1}{2}$
9	„ 17′	„	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	$9\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{2}$	14	$16\frac{1}{2}$	19	21	$23\frac{1}{2}$	25	$27\frac{1}{2}$
10	„ 18′	„	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	6	9	$11\frac{1}{2}$	13	15	18	20	$22\frac{1}{2}$	24	27
11	„ 19′	„	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	7	$9\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{2}$	14	16	18	21	$22\frac{1}{2}$	24	28
12	„ 20′	„	2	4	$6\frac{1}{2}$	9	$11\frac{1}{2}$	$13\frac{1}{2}$	16	18	$20\frac{1}{2}$	23	$24\frac{1}{2}$	27
13	„ 21′	„	$2\frac{1}{2}$	4	$5\frac{1}{2}$	8	$9\frac{1}{2}$	11	13	$14\frac{1}{2}$	16	$17\frac{1}{2}$	19	$20\frac{1}{2}$
14	„ 22′	„	1	3	$4\frac{1}{2}$	0								
15	„ 22′25″	Ruhe	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
16	„ 23′30″	„	1	—	2	—	—	3	4	$5\frac{1}{2}$	7	9	10	12
17	„ 24′30″	„	1	3	5	7	9	11	12	$14\frac{1}{2}$	16	18	$19\frac{1}{2}$	21
18	„ 25′30″	„	2	$4\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	$8\frac{1}{2}$	10	$12\frac{1}{2}$	14	$16\frac{1}{2}$	$18\frac{1}{2}$	—	$22\frac{1}{2}$	24

Also anfangs eine allmälig sich ausbildende Frequenzvermehrung, die über 8 Minuten anhält, dann von No. 13 IV an Seltnerwerden, und nach $9^1/_4$ Minuten Aufhören des Pulses mit bedeutender Nachdauer der Erschöpfung, von welcher sich das Herz erst in der vierten Minute der Ruhe vollständig erholt (No. 15—18).

Es fehlt in unserem Tagebuch nicht an ähnlichen, wenn auch

[1]) Vgl. über die paradoxe Frequenzvermehrung Moleschott, a. a. O. S. 445.

nicht gerade ebenso glänzenden Versuchsreihen, und dem Einen von uns ist es oft begegnet, dass starke Reizung des nicht durchschnittenen Laryngeus des Frosches erst paradoxe Frequenzvermehrung und nach lange anhaltender, oder auch nur bei einer nach kurzen Zwischenzeiten häufig wiederholten, Anwendung Stillstand des Herzens hervorrief.

Wenn eine starke Vagus-Reizung Stillstand des Herzens erzeugt hat, dann stellt sich nach aufgehobener Reizung die ursprüngliche Häufigkeit des Herzschlags nur allmälig wieder her.

Wir haben sowohl beim Kaninchen, wie beim Frosche, zahlreiche Gelegenheiten gehabt, uns von der Richtigkeit dieses Satzes zu überzeugen. Am schönsten gelingt die Beobachtung beim Frosche, dessen Herz sich langsamer erholt als das des Kaninchens. Hat man z. B. durch hinlänglich starke Vagus-Reizung das Herz des Frosches in kürzerer oder längerer Zeit zum Stillstand gezwungen, so ist das Gewöhnliche, dass der Stillstand um mehre Secunden die Reizung überdauert, und die ersten Pulse pflegen ausserordentlich langsam auf einander zu folgen. Da in den Tabellen XXI bis XXIII schon Beispiele dieser Art verzeichnet sind, so wollen wir für den Frosch nur ein Paar Fälle aus unserem Tagebuch hier anreihen. Wir theilten die Zeit der Ruhe, welche der Reizung nachfolgte, in Perioden von je 5 Secunden ein, und in den nachfolgenden Tabellen ist in den einer solchen Periode angehörigen Raum die absolute Zahl der Pulsschläge eingetragen, die während der 5 Secunden beobachtet worden.

Tabelle XXIV.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Erste Minute nach der Reizung . . .	0	0	1	1	1	1½	1½	3	3	3	4	4
Zweite Minute nach der Reizung . . .	4	3	4	4	4½	3½	3½	3½	3½	4	4	4
Dritte Minute nach der Reizung . . .	4	4										

Tabelle XXV.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Erste Minute nach der Reizung . . .	0	0	0	0	1	0	1	0	1½	1½	2½	2½
Zweite Minute nach der Reizung . . .	2	2	2	2	2	3	2	3	2½	2½	2½	2½
Dritte Minute nach der Reizung . . .	3	4	3½	4	4½	4	3½	4	3½	3	4	4

Bei Kaninchen pflegt der durch starke Reizung hervorgebrachte Stillstand die Reizung nur sehr kurz zu überdauern. Wenn man aber die Pulszahlen in den einzelnen Viertelsminuten nach der Reizung mit einander vergleicht, so findet man eine in ähnlicher Weise fortschreitende Erholung wie beim Frosche. In der folgenden Tabelle sind die unter den römischen Ziffern stehenden Zahlen die absoluten Pulszahlen, die wir in je einer Viertelsminute gefunden haben. In denjenigen Viertelsminuten, die nur mit einem Sternchen bezeichnet sind, wurde gereizt, aber nur in den letzten zehn Secunden. Der linke Vagus des Kaninchens lag auf den Elektroden; die Reizung brachte jedesmal Stillstand hervor.

Tabelle XXVI.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 14′	1 Daniell SO^3 10%	0	0	22 M. M.	48	47	52	*
2	„ 15′					28	39	40	40
3	„ 16′					40	42	46	45
4	„ 20′	„	„	„	„	43	46	47	*
5	„ 21′					29	36	42	42
6	„ 22′					42	43		
7	„ 23′	„	„	„	„	42	44	44	*
8	„ 24′					28	34	36	36
9	„ 25′					38	40	41	39
10	„ 29′	„	„	„	„	43	45	47	*

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Elektrodenabstand.	I.	II.	III.	IV.
11	11 h 30′					28	40	44	43
12	„ 31′					43	45	47	46
13	„ 34′	1 Daniell SO^3 10%	−8½ C.M.	0	22 M. M.	43	47	47	*
14	„ 35′					30	38	40	38
15	„ 36′					41	43	45	44
16	„ 38′	„	„	„	„	41	43	45	*
17	„ 39′					28	38	38	37
18	„ 40′					38	39	43	41

Ganz ähnliche Resultate, die bei einer anderen Gelegenheit gewonnen wurden, sind unten in Tabelle XXVIII mitgetheilt. Vgl. S. 89.

Nicht bloss wenn eine starke Vagus-Reizung das Herz vorübergehend zum Stillstand gezwungen hat, sondern auch wenn eine schwächere Vagus-Reizung den Puls nur bedeutend seltener machte, stellt sich, wenn die Reizung aufgehört hat, die ursprüngliche Häufigkeit des Herzschlags allmälig wieder her. Ein Beispiel hierfür giebt uns die folgende Versuchsreihe, die an dem rechten Vagus desselben Kaninchens gewonnen wurde, auf welches sich die vorige Tabelle bezieht. Die einzelnen Zahlen sind wieder die absoluten Pulszahlen, die in je einer Viertelsminute beobachtet wurden. Eine Nebenschliessung wurde bei keiner Reizung angewandt.

Tabelle XXVII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 48′				Ruhe	43	45	48	47
2	„ 49′	1 Daniell SO^3 10%	+5 C.M.	19 M.M.	Reizung	23	18	18½	14½
3	„ 50′				Ruhe	32	45	47	47
4	„ 51′				„	46	45	47	48
5	„ 55′				„	44	46	48	46
6	„ 56′	„	„	„	Reizung	24	25	21	19
7	„ 58′				Ruhe	41	47	49	46

So lange man es noch mit einem hinlänglich unversehrten Vagus zu thun hat, bringt eine starke Reizung leichter Stillstand hervor, wenn der Nerv vorher schon wiederholt mit starken Reizen behandelt worden.

Am 22. November 1860 brachten wir ein Elektrodenplättchen unter den linken Vagus eines Kaninchens. Zur Reizung war ein Daniell'sches Element in Bereitschaft, das den Schlittenapparat mit ganz über einander geschobenen Rollen in Gang setzen sollte. Nebenschliessung keine. Die Reizung wurde zu Anfang einer jeden Minute 10 Secunden lang fortgesetzt und dann unterbrochen. Fünf Secunden nach dem Aufhören der Reizung wurden die Herzschläge gezählt: die römischen Zahlen bedeuten daher in nachfolgender Tabelle das zweite, dritte und vierte Viertel der betreffenden Minute.

Tabelle XXVIII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Dauer der Reizung bis zum Eintritt des Stillstandes in Secunden.	Dauer des Stillstandes in Secunden.	II.	III.	IV.
1	11 h 30′	3	13	24	36	39
2	„ 31′	3	12	25	35	40
3	„ 32′	2	12	25	36	38
4	„ 33′	1	13	26	35	40
5	„ 34′	1	11	27	37	41
6	„ 35′	0	12	25	37	39
7	„ 36′	0	13	26	36	42
8	„ 37′	0	13	23	36	36

Die beiden ersten Male dauerte es 3 Secunden, das dritte Mal 2 Secunden, das vierte und fünfte Mal nur 1 Secunde bevor die Reizung das Herz zum Stillstand zwang; in den drei letzten Versuchen brachte die Reizung sogleich Stillstand hervor.

Aus dieser Tabelle ergiebt sich zugleich eine Bestätigung des Satzes, dass das Herz sich nur allmälig erholt von der ermüdenden Wirkung, welche starke Vagus-Reizung ausgeübt hat. Der Stillstand des Herzens überdauerte die Reizung 2 bis 6 Secunden (No. 6 und

No. 1), und wenn das Herz wieder zu schlagen beginnt, nimmt der Puls allmälig an Häufigkeit zu.

Zur Bestätigung des mitgetheilten Befundes lassen wir noch eine andere Versuchsreihe folgen. Am 26 Nov. 1860 wurde der linke Vagus eines Kaninchens hoch oben durchschnitten, eine Strecke von 11 M. M. zwischen die Platindrähte des Elektrodenplättchens gebracht, und zu den betreffenden Reizversuchen setzte ein Daniell'sches Element den Schlittenapparat in Bewegung, bei einem Rollenabstand von — 5 C. M., ohne Nebenschliessung. Es wurde jedesmal nur 10 Secunden lang gereizt und 5 Secunden nach der Reizung das Zählen der Herzschläge begonnen. Die Einrichtung der Tabelle ist daher dieselbe wie in der vorigen.

Tabelle XXIX.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Dauer der Reizung bis zum Eintritt des Stillstandes in Secunden.	Dauer des Stillstandes in Secunden.	II.	III.	IV.
1	11 h 20′	2	5	—	—	—
2	„ 25′	2	7	45	60	61
3	„ 30′	0	12	40	53	54
4	„ 35′	0	13	36	52	55

In den beiden ersten Versuchen dauerte der Stillstand kürzer, in den beiden letzten länger als die Reizung; in den beiden ersten Versuchen stand das Herz erst still nachdem die Reizung 2 Secunden gedauert hatte, in den beiden letzten sogleich als die Reizung begann. Nur dreimal wurde 5 Secunden nach dem Aufhören der Reizung der Puls gezählt; in allen drei Beobachtungen war die Häufigkeit des Pulses kurz nach der Reizung, in dem zweiten Viertel der betreffenden Minute, wesentlich geringer als später. In No. 3 war die lähmende Nachwirkung der Reizung grösser als in No. 2, in No. 4 grösser als in No. 3.

Kurze Zusammenstellung und Deutung der mitgetheilten Thatsachen.

1. Schwache Reizung des Vagus macht den Herzschlag häufiger.

2. Wenn die schwache Reizung, welche anfangs die Pulsfrequenz erhöhte, lange fortgesetzt wird, dann macht sie schliesslich den Herzschlag seltener als er vor Beginn der Reizung gewesen war.

3. Eine mittelstarke Reizung kann den Pulsschlag erst häufiger, dann seltener machen und zuletzt Stillstand des Herzens bewirken (vgl. die Tabellen XXII und XXIII), *oder aber auf den anfangs durch die Reizung häufig gewordenen Puls folgt sogleich Stillstand* (Tab. XXII, No. 2, 4 und 6).

4. Sehr starke Reizung zwingt das Herz auf der Stelle zum Stillstand oder es erfolgen vor dem Stillstand nur noch einige seltene Schläge.

5. Nachdem das Herz durch starke Vagus-Reizung zum Stillstand gezwungen worden, wird die Frequenz des Herzschlags, wie sie vor der Reizung bestand, nur allmälig wiederhergestellt. Es kann sogar der Stillstand des Herzens, zumal beim Frosche, die Reizung um mehre Secunden überdauern.

6. Wenn der Vagus schon mehrfach gereizt worden, ohne dass er seine Reizbarkeit eingebüsst hat, dann bringt die wiederholte Reizung leichter und einen länger andauernden Stillstand hervor als die zum ersten Male angewandte.

7. Diejenige Reizung des Vagus, welche den Herzschlag häufiger macht, ist von einem elektrischen Bewegungsvorgang (positiver oder negativer Stromschwankung) im Nerven begleitet, während dieser Bewegungsvorgang bei starker Reizung, die Stillstand oder Seltnerwerden des Herzschlags hervorrufen würde, entweder ganz fehlt, oder in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle erst auftritt, nachdem die Reizung 8 und mehr Secunden gedauert hat, d. h. zu einer Zeit, wenn der Herzschlag oft schon wieder begonnen hat.

8. Schwache Reizung des Vagus vermehrt nicht nur die Pulsfrequenz, sondern auch den Seitendruck, mit welchem das Blut auf

der Arterienwand lastet. Hat dagegen die Reizung mit elektrischen Wechselströmen den Grad von Stärke, dass das Herz zwar fortschlägt, aber viel seltener als in der Ruhe, dann sinkt auch der Seitendruck des Blutes.

9. Die Wirkungen der Vagus-Reizung werden direct in peripherischer Bahn nach dem Herzen geleitet, die Reizung behauptet daher den ihr zugesprochenen Erfolg, wenn sie nach Durchschneidung des Vagus dessen mit dem Herzen verbundenen Theil angreift, sie wird dagegen wirkungslos, wenn man sie auf den centralen Stumpf des Nerven anwendet.

Wenn man von Anfang an die hier zusammengestellten Thatsachen gekannt hätte, würde man wohl nicht angestanden haben, die Innervation des Herzens durch den Vagus, als ein durch die Anwesenheit der Herzganglien complicirtes Analogon der Rolle zu betrachten, welche den übrigen motorischen Nerven, z. B. den vorderen Rückenmarkswurzeln zukommt. Complicirt muss diese Wirkung allerdings sein, da das Herz von vier Nerven (2 Vagi und 2 Sympathici) versorgt wird, von welchen jeder einzeln, falls er gereizt wird, gleichsinnige, wenn auch nicht gleichgradige Veränderungen in der Häufigkeit des Herzschlags hervorbringt. Diese Betrachtung ist aber nicht wichtiger gegenüber der Theorie, die wir hier zu vertheidigen unternehmen, als gegenüber der alten Hemmungstheorie. Denn obwohl es anfangs von Weber übersehen worden, ist es jetzt tausendfältig bestätigt, dass auch wenn nur Ein Vagus mit hinlänglich starken Reizmitteln angegriffen wird, Stillstand des Herzens die Folge jener Reizung ist. Der Angriff, der nur Einen Nerven trifft, wird also im Herzen auf die drei anderen Nerven übertragen, und es liegt nicht gerade ein ungewöhnliches Wunder darin, wenn hier die Herzganglien eine Uebertragung vermitteln, ähnlich derjenigen wie sie in den grossen Centralheerden bei allen Reflexwirkungen angenommen wird, oder wie sie von den Fasern eines motorischen Nervenastes auf andere Fasern des zu jenem Aste gehörenden Stammes bei der sogenannten paradoxen Zuckung erfolgt.

Ein Nerv, der, wenn er gereizt wird, den Herzschlag häufiger und kräftiger macht, und in welchem während einer solchen Reizung

derselbe elektrische Bewegungsvorgang beobachtet wird, welcher den bewegungvermittelnden Vorgang in motorischen Nerven kennzeichnet; ein Nerv, der die Einwirkungen, welche die Bethätigung des Herzschlags erzeugen, nicht auf dem Umwege durch Hirn und Rückenmark, sondern direct in peripherischer Bahn zum Herzen fortpflanzt: ein solcher Nerv ist gewiss als ein motorischer Nerv des Herzens zu betrachten.

Wenn dann starke Reizung eines solchen Nerven den Herzschlag seltener macht oder gar vorübergehend aufhebt, so ist dies in natürlicher Weise als eine Ermüdungserscheinung aufzufassen, die, weil sie die Totalität des Herzens ergreift, keine *besondere*, d. h. keine ihr mehr als einer anderen Deutung anhängende Schwierigkeit zu überwinden hat.

Nachdem die starke Reizung aufgehört hat, dauert die Ermüdung noch eine Zeit lang fort, denn entweder überdauert Stillstand des Herzens die Dauer der Reizung, oder aber es wird zunächst nach dem Aufhören der Reizung eine geringere Häufigkeit des Pulses beobachtet, als in der Ruhe vor Beginn der Reizung bestand; die ursprüngliche Frequenz stellt sich nur allmälig wieder her. Ist dem Vagus viel zugemuthet worden, befindet er sich also in einem ermüdeten Zustand, ohne seine Reizbarkeit eingebüsst zu haben, dann wird das Herz durch nachfolgende Reize leichter zum Stillstand gezwungen, und zwar in dem Sinne, dass entweder gleich starke Reize schneller und auf längere Zeit hin den Puls aufheben, oder aber weniger starke Reize, die, auf den frischen Vagus angewandt, den Herzschlag nur seltener machten, jetzt, nachdem der Nerv ermüdet worden, Stillstand bewirken. Mit anderen Worten: der ermüdete Vagus wird leichter erschöpft und verräth diese Erschöpfung leichter durch Stillstand des Herzens als der nicht ermüdete. Daher erklärt sich die von Schiff schon in seiner ersten Arbeit gemachte Angabe, dass Reize von gleicher Stärke auf den Vagus angewandt das Herz nach dem Tode leichter zum Stillstand zwingen als während des Lebens [1]).

---

[1]) Schiff, Archiv für physiologische Heilkunde, VIII, S. 174.

Also Reizung des Vagus bethätigt die Bewegungskraft des Herzens, Ueberreizung des Vagus setzt die Kraft des Herzmuskels herab, und diese Wirkungen pflanzen sich peripherisch direct zum Herzen fort, nach dem in der Physiologie herrschenden Sprachgebrauch heisst dies nichts Anderes als: der Vagus ist ein Bewegungsnerv des Herzens.

Kritik der auf den Vagus angewandten „Hemmungstheorie."

Mit dem nunmehr von verschiedenen Seiten und bei verschiedener Gelegenheit gelieferten Beweis, dass nicht jede Vagus-Reizung den Herzschlag seltener macht, hinlänglich abgeschwächte Reizung vielmehr die Pulsfrequenz sehr bedeutend zu steigern vermag, ist der sogenannten „Hemmungstheorie" zwar der feste Boden ganz entzogen, wie dies Schiff bereits mit principieller Kritik von grosser Tragweite in dem von uns zum Motto gewählten Satze nachdrücklich zu erkennen gegeben. Allein eine grosse Zahl der mitlebenden Physiologen, Männer die in und ausser der Schule stehen, haben sich in die Hemmungstheorie so eingelebt, dass Thatsachen, welche auf den ersten Blick diese Theorie zu unterstützen schienen, allzu willkommen waren, als dass ihnen eine scharfe Prüfung hätte zu Theil werden können. Eingedenk der Grundregel, dass der Forscher nicht bloss die Aufgabe hat, die Wahrheit aufdecken zu helfen, sondern auch den Ursachen nachzuspüren, warum ausgezeichnete Männer geirrt haben, wollen wir jene Thatsachen, die man sonst noch zur Unterstützung der Hemmungstheorie vorgebracht hat, einer eingehenden Betrachtung unterwerfen.

Drei Angaben von sehr verschiedenem Werthe sind es, die man ausser der durch starke Vagus-Reizung verringerten Pulsfrequenz zu Gunsten der Hemmungstheorie gedeutet hat:

1) dass das Herz wieder zu schlagen beginnt, wenn die starke Reizung längere Zeit fortgesetzt wird;

2) dass nach Durchschneidung beider Vagi der Herzschlag häufiger wird;

3) dass constante Ströme, die auf den Vagus einwirken, den Herzschlag häufiger machen.

Es ist thatsächlich richtig, dass ein Herz, welches durch eine hinlänglich starke Vagus-Reizung zum Stillstand gezwungen worden, bei längerer Fortsetzung dieser Reizung wieder zu pulsiren beginnt, ja wenn die Reizung Minuten lang fortgesetzt wird, erreicht der Herzschlag sogar dieselbe Häufigkeit, welche er während der Ruhe, vor Beginn jener starken Reizung besass. Man hat diese Thatsache als eine Folge von Ueberreizung des Vagus gedeutet.

Diese Deutung ist unhaltbar.

So lange es sich um jenes Schlagen handelt, welches einige Secunden nach Beginn der Reizung sich einstellt, ist zu bemerken, dass es bei gleich starker Reizung um so früher wieder beginnt, je frischer der Nerv ist (vgl. Tab. XXIX, S. 90). Eine Ueberreizung, welche die Ermüdung eines Nerven und des von ihm versorgten Muskels bewirkt, müsste aber leichter bei einem bereits ermüdeten als bei einem noch unversehrten Nerven eintreten. Vollends bewiesen wird diese Auffassung dadurch, dass ein Vagus, der anfangs nur mit Wechselströmen gereizt ward, die gerade hinreichten, um Stillstand zu bewirken, wenn nach einigen Secunden das Herz wieder zu schlagen beginnt, nur noch stärker gereizt zu werden braucht, um auf's Neue Stillstand hervorzubringen. So wurde einmal der linke Vagus eines Kaninchens durch Wechselströme gereizt, während 1 Grove'sches Element die inducirenden Ströme hervorrief, bei einem Rollenabstand von + 6½ C. M.; in den ersten 5 Secunden der Reizung wurden 6 Schläge gezählt, dann stand das Herz 10 Secunden lang still; darauf begann es wieder zu schlagen, und zwar machte das Herz bei fortdauernder Reizung in dem vierten Zwölftel der Minute 3, in dem fünften Zwölftel 5 Schläge; nun wurden die Rollen bis zu — 5 C. M. über einander geschoben, und dadurch von Neuem ein Stillstand von 5 Secunden hervorgebracht. Ein anderes Mal bei einem anderen Kaninchen entstand der erste Stillstand, der 6 Secunden dauerte, bei 0 Rollenabstand, und der zweite von 3 Secunden bei — 8½ C. M.;

der Versuch wurde bei demselben Thiere wiederholt: bei 0 Rollenabstand Stillstand von 6, bei — $8^1/_2$ C. M. von 5 Secunden; noch etwas später: bei 0 Stillstand von 5, bei — $8^1/_2$ C. M. von 8 Secunden. Ein drittes Thier gab folgende Resultate: 1 Grove'sches Element, Rollenabstand 0: in den ersten 5 Secunden 8 Herzschläge, dann Stillstand von 7 Secunden, darauf in einer Viertelsminute 14 Schläge, und dann bei — $8^1/_2$ C. M. zweiter Stillstand von 3 Secunden. Etwas später: 2 Grove'sche Elemente, Rollenabstand 0, gleich Stillstand von 8 Secunden, darauf 2 Herzschläge, und als dann die Rollen bis auf — $3^1/_2$ C. M. übereinander geschoben wurden, neuer Stillstand von 20 Secunden; noch etwas später: bei — 6 C. M. sogleich Stillstand von 15 Secunden, dann in einer Viertelsminute 6 Herzschläge, und als darauf die Rollen ganz übereinander geschoben wurden (— $8^1/_2$ C. M.) zweiter Stillstand von 15 Secunden. Es gelingt sogar mit Hülfe des Schlittenapparates, wenn bei fortdauernder Reizung das Herz wieder zu schlagen begann, durch verstärkte Reizung das Herz zum dritten Mal zum Stillstand zu zwingen. Von den zahlreichen Erfahrungen dieser Art, die in unserem Tagebuche verzeichnet sind, mag noch eine hier eine Stelle finden. Linker Vagus eines Kaninchens, 1 Grove'sches Element, Rollenabstand 0 bis — 4 C. M.: in den ersten 10 Secunden der Reizung 10 Herzschläge, dann Stillstand von 4 Secunden, darauf in 26 Secunden 12 Herzschläge; Rollenabstand — 5 C. M.: zweiter Stillstand von 3 Secunden; und als das Herz wieder zu schlagen begann, beim Uebereinanderschieben der Rollen bis zu — $8^1/_2$ C. M.: dritter Stillstand von 6 Secunden.

Hiernach ist es unmöglich den bei starker Reizung wiederbeginnenden Herzschlag von einer durch Ueberreizung bedingten Lähmung des Vagus herzuleiten, denn wenn man die Reizung bedeutend verstärkt, wird das Herz von Neuem zum Stillstand gezwungen, und bei glücklicher Regelung der Verstärkung kann sogar ein dritter Stillstand erzwungen werden. In solchen Fällen besteht zwischen dem ersten und zweiten Stillstand immer ein sehr seltener Herzschlag.

Wenn aber der bei starker Reizung wiederbeginnende Herzschlag nicht durch eine Ueberreizung des Vagus zu erklären ist, worin ist dann die Ursache dieser Thatsache zu suchen?

Darin, dass das Herz ausser dem einen gereizten Vagus noch drei andere Nerven besitzt, deren Einfluss sich in erhöhtem Maasse geltend macht, wenn der eine bis auf einen gewissen Grad ermüdet ist. Bewiesen wird diese Behauptung dadurch, dass man das Herz für eine bei Weitem längere Zeit zum Stillstand zwingen kann, wenn man *nicht* bloss einen Vagus, sondern möglichst vollständig alle Aeste, mit welchen Vagi und Sympathici das Herz versorgen, der Reizung mit starken Wechselströmen unterwirft. Um dies zu erzielen schnitten wir einem Frosche den Kopf und den untersten Theil der Wirbelsäule mitsammt den Hinterschenkeln weg und brachten die vordere Schnittfläche des verlängerten Markes nebst der hinteren des Rückenmarkes mit den oben (S. 55) beschriebenen unpolarisirbaren Elektroden in Verbindung, um das verlängerte Mark und das Rückenmark zugleich durch starke Wechselströme (1 Daniell'sches Element, Rollenabstand — $8^1/_2$ C. M.) zu reizen. Unter die Herzkammer schoben wir vor Beginn der Reizung *ein* Wachstaffetplättchen. Bei einem solcher Weise vorbereiteten Thiere stand, als die Reizung begann, das Herz sogleich still und verharrte $4^1/_2$ Minuten in der Diastole. Während die Reizung fortgesetzt wurde, entstand nach $4^1/_2$ Minuten eine erste vollständige Pulsation und eine halbe Minute später, also nachdem 5 Minuten gereizt worden war, die zweite. Bei einem anderen Frosche, der auf ganz gleiche Weise behandelt worden, stand das Herz erst 4 Secunden *nach dem* Beginn der Reizung still; der Stillstand dauerte 3 Minuten, während die Reizung fortgesetzt ward, und noch 20 Secunden nach der Reizung. Während der Reizung, nachdem dieselbe 1 Minute und 25 Secunden gedauert hatte, waren an einer ganz kleinen Stelle in der Mitte der Vorhöfe sehr schwache Flimmerzuckungen zu sehen. Bei dem letztgenannten Thiere ward die Reizung in gleicher Weise wiederholt; das Herz stand still, wie in dem ersten Versuche, aber schon nach anderthalb Minuten begannen erst die Vorhöfe und etwas später das ganze Herz zu pulsiren: als dann die eine Elektrode der Spitze, die andere der Basis des Herzens angelegt wurde, hörte das Herz von Neuem zu schlagen auf, die Reizung wurde 3 Minuten lang fortgesetzt und der Stillstand überdauerte sie noch um 15 Se-

cunden; während der Reizung waren ganz leise Flimmerzuckungen an dem linken Vorhof zu bemerken.

In zahlreichen Versuchen haben wir mit ähnlichem Erfolg das ganze Herz des Frosches, bald ausgeschnitten, bald in natürlicher Lage gereizt. Wir haben durch solche Reizung das Froschherz bis zu 5 Minuten in der Diastole verharren sehen. In anderen Fällen zeigte das Herzfleisch während der Reizung örtlich unrhythmisch flimmernde und wogende Bewegungen, wohl auch Starrkrampf der Kammer, wie ihn Volkmann schon gesehen [1]), und nach der Reizung stand das ganze Herz längere Zeit in der Diastole still. Dieser Versuch ist uns wiederholt in sehr auffallender Weise gelungen, und wir wissen ihn nur zu Gunsten der eigenen Muskelreizbarkeit zu deuten. Bei der Reizung des ganzen Herzens durch starke Wechselströme werden seine Nerven erschöpft, daher fehlt während der Reizung die rhythmische Pulsation und in der ersten Zeit der Reizung jede Bewegung; während der Reizung finden aber idiomusculäre, örtlich beschränkte Zuckungen statt, weil der elektrische Reiz auf die Muskelbündel einwirkt, die weniger leicht als die Nerven ermüdet werden [2]). Daher hören diese Zuckungen auf, wenn die Reizung aufhört, und jetzt wird die Erschöpfung der innervirenden Kräfte des Herzens durch die Diastole deutlich, in welcher das ganze Herz daliegt.

Es kommt also nur darauf an, dass man die durch Ermüdung lähmende Wirkung der Reizung auf alle Herznerven erstreckt, um den Herzpuls völlig aufzuheben, aufzuheben so lange die Reizung dauert. Wenn man aber die Wechselströme auf einen isolirten Nerven oder selbst auf das verlängerte Mark und Rückenmark einwirken lässt, dann ist die Dauer der Ueberreizung und damit die Dauer des Herzstillstandes durch die Dauer der Reizbarkeit der Nerven beschränkt. Reizt man das cerebrospinale Mark des Frosches mit hinlänglich starken Strömen, dann steht das Herz 3 bis 4 Minuten lang in der Diastole still, darauf fängt es aber wieder an zu klopfen, weil das Mark theilweise oder ganz abstirbt und die im Herzen selbst gelegenen

---

[1]) Volkmann, a. a. O. S. 404.

[2]) Schiff, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, Bd. I, S. 21 u. folg.

Nervengebilde nicht von hinlänglich starken Strömen getroffen werden, um in ihrem Erschöpfungszustande zu verharren. Reizt man nun das Herz direct, dann steht es wieder still, während die Reizung des verlängerten Marks und Rückenmarks entweder gar nicht oder — wenn das Mark nur theilweise getödtet worden — mangelhaft wirksam ist.

Schiff hat den betreffenden Erfolg für die Reizung des Vagus selbst ganz richtig angegeben [1]). Wir haben uns davon durch folgenden Versuch überzeugt: wir reizten eine bestimmte Vagus-Strecke mit starken Wechselströmen, die anfangs Stillstand hervorbrachten, so lange, bis das Herz wieder mit derselben Häufigkeit schlug, die es in der Ruhe besass; dann liessen wir dem Nerven so lange Ruhe, dass er sich hätte erholen müssen, falls jenes wiederhergestellte Schlagen durch Ueberreizung bedingt gewesen wäre. Erneute Anwendung der Wechselströme auf dieselbe Nervenstrecke blieb jedoch wirkungslos. Das Elektrodenplättchen wurde nach der Peripherie vorgeschoben, und nun brachte die Reizung wieder Stillstand hervor. Die zuerst gereizte Nervenstrecke vermochte also offenbar deshalb durch fortgesetzte Reizung den Herzschlag nicht mehr seltener zu machen, weil sie durch die starken Wechselströme abgetödtet worden. Lange fortgesetzte Anwendung der Reizung auf die der Peripherie näher gelegene Strecke hatte denselben Erfolg. In der folgenden Tabelle stellen wir die von uns gefundenen Zahlen zusammen. Es wurde immer ohne Nebenschliessung gereizt, der Nerv war der linke Vagus eines Kaninchens.

Tabelle XXX.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Gegend des Nerven.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 23′					Ruhe	40	81	124	167
2	„ 24′45″	1 Grove	-8½C.M.	6 M. M.	obere	Reizung	Stillstand v. 15 Secund.			
3	„ 25′	„	„	„	„	„	15	34	56	77
4	„ 26′	„	„	„	„	„	21	37	60	82
5	„ 27′					Ruhe				

1) Vgl. Schiff im VI. Bande dieser Untersuchungen, S. 240 u. folg.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Elektrodenabstand.	Gegend des Nerven.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
6	11 h 28′	1 Grove	8½ C.M.	6 M. M.	obere	Reizung	Stillstand v. 3 Secund.			
7	„ 28′3″	„	„	„	„	„	8	30	51	72
8	„ 29′3″	„	„	„	„	„	24	48	73	99
9	„ 30′3″					Ruhe				
10	„ 31′	„	„	„	„	Reizung	14	37	63	92
11	„ 32′	„	„	„	„	„	31	57	88	109
12	„ 33′	„	„	„	„	„	30	63	97	136
13	„ 34′	„	„	„	„	„	38	75	111	151
14	„ 35′	„	„	„	„	„	41	81	125	175
15	„ 36′					Ruhe				
16	„ 37′	„	„	„	„	Reizung	43	88	130	174
17	„ 38′					Ruhe				
18	„ 39′					„				
19	„ 40′					„				
20	„ 41′	„	„	„	„	Reizung	42	87	134	182
21	12 h					Ruhe	43	87	135	183
22	„ 1′	„	„	5 M. M.	untere	Reizung	erst 3 Sec. Stillstand,			
						dann	12	26	46	70
23	„ 2′	„	„	„	„	Reizung	11	31	59	86
24	„ 3′	„	„	„	„	„	28	57	86	102
25	„ 4′	„	„	„	„	„	28	58	87	115
26	„ 5′	„	„	„	„	„	28	58	89	117
27	„ 6′	„	„	„	„	„	33	72	112	156
28	„ 7′	„	„	„	„	„	42	89	134	177
29	„ 8′	„	„	„	„	„	45	91	135	179
30	„ 9′					Ruhe				
31	„ 10′					„				
32	„ 11′					„				
33	„ 12′					„				
34	„ 13′					„				
35	„ 14′	„	„	„	„	Reizung	49	99	151	201

Aus den mitgetheilten Thatsachen geht hervor, dass wenn das Herz bei fortdauernder starker Vagus-Reizung wieder zu schlagen beginnt, dies entweder erfolgt, weil ein zu kleiner Theil der Herznerven zu schwach gereizt wird, oder weil die zwischen den Elektroden liegende Nervenstrecke theilweise oder ganz durch die starken Wechselströme abgetödtet worden. Ganz todt ist das betreffende

Nervenstück dann, wenn trotz der starken Reizung das Herz allmälig wieder zu derselben Pulsfrequenz gelangt, die es in der Ruhe besass.

Der Vagus stimmt auch in dieser Beziehung mit dem Sympathicus überein, und es ist darauf um so mehr Gewicht zu legen, da man vielfach einen Gegensatz zwischen der durch den Vagus bedingten Innervation des Herzens und zwischen der vom Sympathicus abhängigen gemacht hat. Wir erinnern deshalb daran, dass Moleschott und Nauwerck bereits Beispiele dafür mitgetheilt haben, dass das Herz der Kaninchen, wenn es durch starke Sympathicus-Reizung zum Stillstand gezwungen worden ist, noch während die Reizung fortdauert wieder zu schlagen beginnt [1]). Wir glauben nicht, dass trotz dem jetzt vorliegenden Material Jemand versucht sein wird, diese Erscheinung aus Ueberreizung eines „Hemmungsnerven" zu erklären; wer es thun wollte, müsste sich, abgesehen von allem Anderen, dazu entschliessen, dem Herzen statt aller motorischen Nerven vier Hemmungsnerven zuzuschreiben.

Die zweite Angabe, welche wir einer Kritik zu unterwerfen haben, ist die, dass die Durchschneidung beider Vagi eine vermehrte Pulsfrequenz zur Folge haben soll. Man erklärt dies aus einer Lähmung der vermeintlichen Hemmungsnerven, da die Trennung solcher Nerven von dem Centralorgan ebenso eine gesteigerte Bewegung hervorrufen müsse, wie die Durchschneidung motorischer Nerven die Uebertragung der Bewegungsimpulse von dem Centralorgan auf die Muskeln aufhebt.

Wir haben es aber bei dem fraglichen Punkte nicht mit der Deutung einer erwiesenen Thatsache zu thun, sondern die Fragestellung gilt der Angabe des Thatbestandes selbst.

Durchschneidung beider Vagi ruft nämlich durchaus nicht mit Nothwendigkeit eine vermehrte Pulsfrequenz hervor.

---

1) Die betreffenden Beispiele finden sich in der Abhandlung von Moleschott und Nauwerck, in dem vorliegenden Bande dieser Zeitschrift, S. 47, Tabelle VI, No. 79 und No. 81.

Moleschott hat S. 415 in der fünften Tabelle seiner Untersuchungen über den Einfluss der Vagus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags ein Beispiel mitgetheilt, in welchem der Puls nach der Durchschneidung der beiden herumschweifenden Nerven entschieden seltner ward. Vor der Durchschneidung der beiden Nerven schwankte die Pulszahl zwischen 199 und 206, Mittel aus drei Zählungen 202; nach der Durchschneidung schwankte die Pulsfrequenz zwischen 167 und 187, Mittel aus 6 Zählungen 177.

Dieser Befund war für uns der erste Wink, dass es hier zunächst nichts zu deuten, sondern etwas zu untersuchen gab. Wir stellten uns also die Aufgabe, die Häufigkeit des Herzschlags vor Aufsuchung der beiden Vagi, nach der Blosslegung der Nerven und nach ihrer Durchschneidung zu ermitteln. Denn es ist klar, dass die Aufsuchung der Vagi, und mag sie noch so vorsichtig ausgeführt werden, als eine mechanische Reizung anzusehen ist, die, wie wir früher gezeigt haben, je nach dem Grade der Einwirkung die Pulsfrequenz vermehren oder vermindern kann. Um also die Durchschneidung beider Vagi in schlagender Weise für die Beantwortung der Frage, wie die Trennung der beiden herumschweifenden Nerven vom verlängerten Mark auf die Pulsfrequenz einwirkt, benützen zu können, muss man wenigstens dafür sorgen, dass nicht die Reizung, welche das Anlegen der Hautwunde oder das Blosslegen der Nerven mit sich bringt, auf Rechnung der Durchschneidung geschrieben werde.

Am 27. November 1860 wurde ein Kaninchen auf das Vivisectionsbrett gespannt und folgende Zahlen in den einzelnen Akten vor und nach der Operation an demselben gewonnen.

Tabelle XXXI.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Zahlen.
1	11 h 7′		Ruhe	45	91	141	192	195
2	„ 8′		„	46	95	147	199	
3	„ 9′		„	47	97	147	199	
4	„ 10′		„	47	96	146	200	

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Zahlen.
		Blosslegung beider Vagi						
5	11 h 16′			51	104	162	221	
6	„ 17′			56	111	174	234	
7	„ 18′			56	114	176	239	
8	„ 19′			56	116	180	242	
9	„ 20′			59	117	178	241	
10	„ 21′			55	114	174	237	236
11	„ 22′			57	117	178	238	
12	„ 23′			55	115	176	238	
13	„ 24′			56	114	176	237	
14	„ 25′			55	113	175	236	
		Durchschneidung des linken Vagus um 11 h 29′ 15″, des rechten um 11 h 30′ 30″						
15	„ 31½′			50	104	161	219	
		Um 11 h 35′ wurde die Halswunde zugenäht.						
16	„ 38′			52	110	169	229	
17	„ 39′			56	—	172	233	
18	„ 40′			57	117	179	243	
19	„ 41′			59	119	182	247	
20	„ 42′			57	117	178	241	
21	„ 43′			57	115	177	240	240
22	„ 44′			56	115	178	240	
23	„ 45′			57	117	181	243	
24	„ 46′			56	116	177	239	
25	„ 47′			57	117	178	241	
26	12 h 1′			54	112	171	231	
27	„ 2′			55	111	170	230	
28	„ 3′			55	113	175	238	
29	„ 4′			54	112	171	229	
30	„ 5′			53	108	167	226	
31	„ 6′			60	111	171	229	
32	„ 7′			57	110	168	220	
33	„ 8′			57	110	166	219	237
34	„ 9′			56	114	180	239	

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Zahlen.
35	12 h 10′			62	120	187	240	
36	„ 11′			63	118	179	235	
37	„ 12′			60	119	178	240	
38	„ 13′			57	117	176	235	
39	„ 14′			58	116	175	234	
40	„ 22′			55	109	167	223	
41	„ 23′			55	108	164	221	
42	„ 24′			54	108	170	229	
43	„ 25′			56	110	176	236	
44	„ 26′			55	112	175	234	229
45	„ 27′			57	111	173	229	
46	„ 28′			54	110	171	229	
47	„ 29′			54	109	170	230	
48	2 h 47′			43	88	131	176	
49	„ 48′			43	83	135	177	
50	„ 49′			40	78	—	162	
51	„ 54′			45	93	139	185	
52	„ 57′			44	92	148	192	
53	„ 58′			45	92	142	192	
54	„ 59′			40	95	146	197	190
55	3 h			46	96	148	199	
56	„ 1′			47	97	149	201	
57	„ 2′			48	98	149	202	
58	„ 3′			48	96	147	200	
59	„ 4′			47	97	149	203	
60	„ 20′			49	100	153	207	
61	„ 21′			47	99	153	207	
62	„ 22′			50	103	157	212	
63	„ 23′			50	101	156	211	
64	„ 24′			50	102	157	214	
65	„ 25′			52	105	161	215	
66	„ 26′			52	104	158	213	212
67	„ 27′			50	103	158	214	
68	„ 28′			52	106	162	220	
69	„ 29′			47	99	153	207	
70	„ 30′			48	99	152	208	
71	„ 31′			49	103	158	214	

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Zahlen.
72	6 h 35′			47	95	144	189	
73	„ 36′			45	93	139	184	
74	„ 37′			50	96	143	190	187
75	„ 38′			45	92	139	186	
76	„ 39′			46	93	142	188	
77	„ 40′			47	94	140	188	
78	„ 45′			52	102	155	206	
79	„ 46′			50	99	147	197	
80	„ 47′			48	95	144	194	
81	„ 48′			48	96	145	196	197
82	„ 49′			45	103	155	206	
83	„ 50′			47	93	140	193	
84	„ 51′			46	92	140	189	
85	„ 55′			48	92	138	182	
86	„ 56′			44	88	132	179	
87	„ 57′			44	88	132	177	
88	„ 58′			44	89	132	175	177
89	„ 59′			42	84	127	174	
90	7 h			40	81	—	175	
91	9 h 37′			45	89	135	178	
92	„ 38′			44	87	—	175	
93	„ 39′			43	84	126	178	
94	„ 40′			40	80	122	167	
95	„ 41′			42	83	125	167	170
96	„ 42′			42	82	125	167	
97	„ 43′			41	83	125	168	
98	„ 44′			41	83	125	168	
99	„ 45′			40	82	124	166	
100	„ 46′			41	83	127	170	
101	„ 51′			47	93	—	182	
102	„ 52′			46	91	137	182	
103	„ 53′			45	90	136	182	

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Zahlen.
104	10 h			45	89	135	180	
105	„ 1′			45	89	135	180	186
106	„ 2′			45	88	133	177	
107	„ 3′			43	85	129	174	
108	„ 4′			44	87	133	178	
109	„ 5′			46	93	140	190	

Wir verliessen das Laboratorium Abends um halb 11; als wir es den andern Morgen wieder betraten, war das Kaninchen todt. Mit Bestimmtheit lässt sich also nur sagen, dass das Thier die Durchschneidung beider herumschweifender Nerven mindestens 11 Stunden überlebt hat.

Durch die Blosslegung der Vagi nahm die Pulsfrequenz bedeutend zu: im Mittel von 195 auf 236 (vgl. No. 1—4 mit No. 5—14).

Unmittelbar auf die Durchschneidung beider Vagi folgte eine Frequenzverminderung von 236 auf 219 (vgl. No. 14 mit No. 15).

Sieben Minuten später hatte die Frequenz wieder eine Zunahme erlitten: für No. 16 bis 25, also innerhalb der ersten halben Stunde nach der Durchschneidung, war die mittlere Pulsfrequenz 240, also bedeutend höher wie in der Ruhe vor Anlegung der Halswunde und Aufsuchung der Vagi, dagegen kaum höher als die mittlere Frequenz nach dem letztgenannten Akte und vor der Durchschneidung: 236. Auch das Maximum der Frequenz nach der Durchschneidung (247 in No. 19) betrug für die Minute nur 5 Schläge mehr als das Maximum in dem Zeitraum zwischen der Präparation und der Trennung der Nerven (242).

In der	dritten	Viertelstunde	nach	der	Durchschneidung	war	die	mittlere	Frequenz 237
„ „	vierten	„	„	„	„	„	„	„	229
Drei	Stunden		„	„	„	„	„	„	190
Vier	„		„	„	„	„	„	„	212
Sieben	„		„	„	„	„	„	„	187
7¼	„		„	„	„	„	„	„	197
7½	„		„	„	„	„	„	„	177
Zehn	„		„	„	„	„	„	„	170
10½	„		„	„	„	„	„	„	186.

Demnach sank die Pulsfrequenz schon vor Ende der ersten Stunde nach Durchschneidung der Nerven unter die Frequenz, welche die Anlegung der Wunde und das Aufsuchen der Nerven verursacht hatten. Die Häufigkeit des Pulses sank mit Schwankungen fort und fort, so zwar, dass die mittlere Frequenz, wie sie nach dem blossen Aufsuchen der Nerven bestand, nie mehr erreicht ward.

Vor der Präparation der Nerven, in der Ruhe, war die Pulsfrequenz 195; unter den 7 Mittelzahlen, die mehr als 1 Stunde nach der Durchschneidung gefunden wurden, liegen 5 niedriger, 1 ziemlich gleich hoch und nur 1 über der mittleren Häufigkeit des Pulses, wie sie in der Ruhe bestand.

Am 11. März 1861 wurde an einem grossen Kaninchen ein ähnlicher Versuch angestellt. Nur wurde bei der Zählung der Zeitraum zwischen Anlegung der Halswunde und Aufsuchung der Nerven von dem zwischen Aufsuchung und Durchschneidung der Nerven getrennt.

Tabelle XXXII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Zahlen.
	11 h 16′	Anlegung der Halswunde					
1	„ 17′		56	111	169	217	207
2	„ 18′		49	97	147	198	
		Linker Vagus in grosser Ausdehnung blossgelegt					
3	„ 25′		49	96	147	199	197
4	„ 26′		51	98	146	195	
		Ein grosses Stück des linken Vagus ausgeschnitten					
5	„ 29′		45	90	134	182	180
6	„ 30′		43	86	133	179	
7	„ 31′		43	86	132	178	
8	„ 32′		44	88	136	182	
9	„ 33′		44	89	136	180	
10	„ 46′		50	100	150	200	201
11	„ 47′		51	101	152	203	

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Zahlen.
12	11 h 50′	Rechter Vagus in grosser Ausdehnung blossgelegt	50	94	145	194	
13	„ 52′	Ein grosses Stück des rechten Vagus ausgeschnitten	49	96	136	194	191
14	„ 53′		47	93	142	189	
15	„ 54′		46	92	141	189	
16	12 h 6′	Zunähen der Hautwunde	50	103	156	206	218
17	„ 32′		58	114	169	223	
18	„ 33′		56	112	167	224	

In dieser Beobachtungsreihe bewirkte das Aufsuchen des Vagus keine Vermehrung derjenigen Frequenz, die nach dem Anlegen der Halswunde bestand (vgl. No. 1 und 2 mit No. 3). Nach der Präparation des rechten Vagus war der Puls sogar um 9 Schläge seltener, als er vor dieser Operation gewesen (No. 12). Unmittelbar nach Ausschneidung eines grossen Stücks des linken Vagus war die Pulszahl um 13 Schläge kleiner als vorher, und sie blieb geringer bis in die siebente Minute nach der Trennung des Vagus. Zwanzig Minuten nach Ausschneidung des Nervenstücks hatte der Puls wieder an Häufigkeit zugenommen, aber er war nur wenig häufiger, als er unmittelbar vor dem Ausschneiden gewesen war (vgl. No. 3 und 4 mit No. 10 und 11). In den ersten Minuten, nachdem auch ein Stück des rechten Vagus ausgeschnitten worden, zeigte die Pulsfrequenz wieder eine Tendenz zur Abnahme (vgl. No. 13—15 mit No. 12). Erst 42 Minuten nach der Ausschneidung war die Pulsfrequenz bedeutend stärker geworden, obwohl nur 6—7 Schläge mehr als gleich nach dem Anlegen der Halswunde gezählt wurden.

Es liegt auf der Hand, dass diese Frequenzvermehrung für die Hemmungstheorie nichts beweisen kann. Wäre die vermehrte Frequenz nach Durchschneidung der Vagi durch die Lähmung von Hemmungs-

nerven zu erklären, so müsste der Puls gleich nachdem die Nerven getrennt worden mit Entschiedenheit an Frequenz zunehmen.

Um das peripherische Ende des Vagus nicht zweimal durch die Durchschneidung zu reizen, wurde in diesem wie im folgenden Versuch der Nerv erst unten und dann oben am Halse durchschnitten.

Das Kaninchen, von welchem die Tabelle XXXII berichtet, bekam eine Stunde nachdem die Halswunde geschlossen worden, Kohlblätter vorgesetzt; das Thier frass davon und als wir eine Stunde später wieder in's Laboratorium kamen, fanden wir das Thier, das, als wir es verliessen, sehr munter war, an einem Bissen erstickt.

Am 12. März wurde ein grosses graues Kaninchen auf gleiche Weise, wie das zuletzt erwähnte behandelt, nur dass es nach der Operation nichts zu fressen bekam. Es überlebte die Durchschneidung beider Vagi um mehr als 31 Stunden und lieferte folgende Zahlen.

Tabelle XXXIII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Werthe.
	12. März						
	11 h 4′	Anlegung der Hautwunde					
1	„ 5′		52	106	163	220	
2	„ 6′		54	—	—	219	218
3	„ 7′		52	106	163	217	
		Blosslegung des linken Vagus					
4	„ 12′		44	90	143	190	
5	„ 13′		46	92	143	192	193
6	„ 14′		47	93	145	195	
		Ausschneidung eines 4 C. M. langen Stücks des linken Vagus					
7	„ 17′		47	93	142	193	192
8	„ 18′		46	92	140	190	
9	„ 30′		54	110	166	222	213
10	„ 40′		53	106	155	203	
		Ausschneidung eines 4—5 C. M. langen Stücks des rechten Vagus					

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Werthe.
11	11 h 46′		29	55	78	101	
12	„ 47′		22	45	81	104	
13	„ 48′	Zunähen der Wunde	24	48	73	100	103
14	„ 49′		31	60	84	108	
15	„ 50′		25	49	75	101	
16	12 h 3′		49	99	147	203	
17	„ 12′		55	110	162	212	
18	„ 13′		52	100	149	196	
19	„ 14′		51	103	153	204	206
20	„ 15′		52	104	158	208	
21	„ 16′		51	105	158	208	
22	„ 17′		53	106	158	210	
23	5 h 15′		62	125	185	243	
24	„ 21′		64	132	200	265	
25	„ 22′		66	136	210	282	
26	„ 27′		60	122	186	252	
27	„ 28′		64	129	196	268	
28	„ 32′		65	136	207	280	
29	„ 37′		73	147	220	295	
30	„ 45′		65	140	210	283	284
31	„ 46′		68	140	215	285	
32	„ 47′		70	145	220	292	
33	„ 48′		73	146	223	295	
34	„ 50′		68	140	216	290	
35	„ 55′		69	—	218	293	
36	6 h 5′		74	150	235	313	
37	„ 6′		76	154	229	306	
38	„ 7′		73	148	226	305	
	13. März						
39	9 h 42′		56	113	172	232	
40	„ 43′		58	117	178	239	
41	„ 44′		57	117	179	240	242
42	„ 45′		59	120	183	246	
43	„ 46′		59	122	189	251	
44	12 h 42′		49	98	145	194	
45	„ 43′		45	92	140	192	
46	„ 44′		46	92	142	190	192

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Behandlung des Thieres.	I.	II.	III.	IV.	Mittel-Werthe.
47	12 h 45′		46	92	140	190	
48	„ 46′		46	93	143	192	
49	4 h 1′		50	98	148	200	
50	„ 2′		50	100	150	202	
51	„ 3′		50	100	150	204	200
52	„ 4′		49	98	145	197	
53	„ 5′		49	98	144	196	
54	„ 6′		50	100	150	200	
55	6 h 10′		50	99	148	198	
56	„ 11′		49	99	149	199	
57	„ 12′		48	96	146	195	
58	„ 13′		48	96	145	193	194
59	„ 15′		50	100	148	198	
60	„ 16′		48	97	144	192	
61	„ 18′		50	98	145	194	

Um die Vergleichung zu erleichtern, stellen wir die mittleren Pulszahlen für die verschiedenen Stadien vor und nach den betreffenden Eingriffen hierunten zusammen:

gleich nach Anlegung der Hautwunde	218
nach Blosslegung des linken Vagus	193
kurz nach Ausschneidung eines 4 C. M. langen Stücks des linken Vagus	192
eine Viertelstunde „ „ „ „ „ „ „ „ „	213
kurz „ „ „ 4—5 C. M. „ „ „ rechten „	103!
eine Viertelstunde „ „ „ „ „ „ „ „ „	206
5½ Stunden „ „ „ „ „ „ „ „ „	284
22 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	242
25 „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	192
28½ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	200
30½ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	194.

Wie man sieht, sank gleich nach Ausschneidung eines grossen Stückes von beiden Nerven die Pulsfrequenz auf weniger als die Hälfte der Pulszahl, welche vor der Durchschneidung des zweiten Vagus beobachtet wurde. Einige Stunden nach dieser Operation hatte

allerdings die Häufigkeit des Pulses bedeutend zugenommen; aber um die 25ste Stunde nach der Durchschneidung sank die Frequenz wieder unter diejenige, welche gleich nach Anlegung der Hautwunde, vor der Aufsuchung des ersten Vagus, vorhanden war.

Nach unseren Untersuchungen wäre also das Ergebniss der Durchschneidung beider Vagi für die Pulsfrequenz in folgender Weise zu formuliren: *unmittelbar nachdem beide Vagi durchschnitten worden sind, wird der Puls in den meisten Fällen seltener; unter 5 von uns genau beobachteten Fällen gab es nur einen* [1]*, in welchem das Herz gleich nach Durchschneidung beider Vagi häufiger schlug, und die Frequenzvermehrung war keine bedeutende:*

mittlere Frequenz vor der Durchschneidung in der Ruhe 163
„ „ nach „ „ „ „ „ 174.

Einige Zeit (½ bis mehre Stunden) nach der Durchschneidung kann die Frequenz bedeutend zunehmen, diese Zunahme ist jedoch nicht beständig und in einer noch späteren Zeit haben wir immer eine geringere Pulsfrequenz beobachtet, als nach dem Anlegen der Hautwunde bestand.

Seitdem durch andere Untersuchungen der Beweis geliefert worden, dass die Vagi motorische Nerven des Herzens sind, ist die Erklärung dieser Thatsachen ganz einfach. Bei der Durchschneidung werden die Vagi mehr oder weniger gereizt, und es muss von dem Grade dieser Reizung abhängen, ob sie eine vermehrte oder verminderte Pulsfrequenz hervorbringt. Letztere tritt ein, wenn die Durchschneidung die Vagi überreizt, was nach unseren Erfahrungen am leichtesten geschieht. Die später häufig vorkommende Frequenzvermehrung ist die Folge einer variablen Entzündungsreizung, die, wenn etwa ein Exsudat gelinde auf die Vagi drückt, eine Steigerung der Pulsfrequenz in directer Weise hervorbringen muss, ähnlich wie dies auf indirecte Weise durch beliebige Wundreize geschehen kann. In der letzten Zeit vor dem Tode wird der Puls beständig wieder seltner, was wohl zum Theil aus einer Ueberreizung der Vagi, zum Theil aus einer allgemeinen Schwächung zu erklären ist.

---

[1] Vgl. Moleschott, a. a. O. S. 413, Tabelle IV, No. 12—15.

Wir haben uns nicht etwa verhehlt, dass man mit den von uns geschilderten Erscheinungen, welche auf die Durchschneidung der Vagi folgen, wiewohl auf etwas gekünsteltem Wege, auch falls die Hemmungstheorie bewiesen wäre, fertig werden könnte; da aber die Hemmungstheorie aus allen anderen Gründen unhaltbar ist, hiesse es den Thatsachen Gewalt anthun, wenn man auf die a priori denkbare Zweideutigkeit der Thatsachen Gewicht legen wollte. Eine Erscheinung, die als ein zwingender Grund für die Hemmungstheorie aufgefasst werden müsste, ist nach Durchschneidung der herumschweifenden Nerven überall nicht vorhanden.

Bleibt uns noch übrig, die Wirkung constanter Ströme auf den Vagus zu erörtern. Es ist bekannt, dass man in der Physiologie, ehe Pflüger seine Untersuchungen über den Elektrotonus angestellt hatte, den constanten elektrischen Strömen eine lähmende Einwirkung auf die Nerven zugeschrieben hat. Nun giebt es eine Art, den Vagus der Einwirkung constanter Ströme auszusetzen, wobei der Herzschlag häufiger wird; da der constante Strom ein lähmender Factor sein sollte, so sah man in dieser Wirkung einen Beleg für die Hemmungstheorie: wenn ein Hemmungsnerv von einem constanten Strom durchflossen wird — so schloss man — dann wird er gelähmt, und wenn der Hemmungsnerv des Herzens gelähmt wird, beginnt das Herz häufiger zu schlagen.

Seitdem Pflüger uns mit den Erscheinungen des Katelektrotonus und Anelektrotonus bekannt gemacht hat, kann von jener einfachen Deutung nicht mehr die Rede sein. Es fragt sich vor Allem, wie die Wirkung des constanten Stromes abhängig ist von der Richtung, in welcher er durch den Vagus geschickt wird. Auf diese Frage geben die folgenden Tabellen Antwort, die an Kaninchen gewonnen wurden.

Tabelle XXXIV bezieht sich auf ein Kaninchen, dem der linke Vagus blossgelegt und hoch oben am Halse durchschnitten worden. Bei der Operation ging kein Blut verloren. Der peripherische Theil

des Nervenstamms lag auf unpolarisirbaren Elektroden, wie sie oben (S. 55) beschrieben worden. Eine Nebenschliessung wurde nirgends angewandt.

Tabelle XXXIV.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Richtung des Stromes.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 16′				Ruhe	55	114	180	242
2	„ 17′				„	62	123	186	242
3	„ 18′	1 Daniell	aufsteigend	8 M. M.	Reizung	57	117	173	228
4	„ 19′				Ruhe	56	115	175	232
5	„ 20′				„	60	120	180	241
6	„ 21′	„	absteigend	„	Reizung	66	133	197	265
7	„ 22′				Ruhe	52	115	176	237
8	„ 23′				„	60	124	184	240
9	„ 26′				„	50	111	168	222
10	„ 27′	1 Grove	aufsteigend	„	Reizung	54	110	166	220
11	„ 28′	„	„	„	„	54	103	157	209
12	„ 29′				Ruhe	54	110	168	224
13	„ 30′	„	absteigend	„	Reizung	59	119	179	240
14	„ 31′				Ruhe	58	116	174	232
15	„ 32′	2 Grove	„	„	Reizung	56	120	182	242
16	„ 33′	„	„	„	„	58	122	183	246
17	„ 34′				Ruhe	56	116	185	243
18	„ 35′				„	56	116	176	238
19	„ 36′	„	aufsteigend	„	Reizung	56	112	172	226
20	„ 37′				Ruhe	56	120	180	242
21	„ 38′	„	„	„	Reizung	54	113	170	226
22	„ 39′				Ruhe	58	120	180	242
23	„ 41′				„	54	105	174	232
24	„ 42′				„	55	111	174	230
25	„ 43′	„	absteigend	„	Reizung	60	124	189	252
26	„ 44′				Ruhe	56	119	179	241
27	„ 45′	„	„	„	Reizung	64	131	197	260
28	„ 46′				Ruhe	60	115	174	236
29	„ 47′	„	„	„	Reizung	62	126	186	250
30	„ 48′				Ruhe	60	116	173	232

Diese Tabelle zeigt, dass die absteigende Stromesrichtung die Frequenz des Herzschlags vermehrt, dass die aufsteigende Stromesrichtung sie dagegen vermindert. Die grösste Frequenzzunahme

welche der absteigend durch den Vagus geschickte constante Strom hervorrief, betrug 24 Schläge in der Minute (von 241 auf 265 in No. 6); die grösste Frequenzverminderung durch den aufsteigenden Strom 16 Schläge in der Minute (von 242 auf 226 in No. 21). In No. 10 war die frequenzvermindernde Wirkung des aufsteigenden Stromes in der ersten Minute nicht deutlich, sie wurde es aber in der zweiten (No. 11), in welcher die Pulszahl gegen die letzte Ruheminute um 13 sank, und als die nächste Minute darauf der Stromkreis geöffnet war, stieg die Frequenz gleich wieder um 15 Schläge.

An demselben Thiere wurde noch der rechte Vagus auf gleiche Weise behandelt, d. h. der Nerv hoch am Halse durchschnitten und der peripherische Theil des Stammes auf die unpolarisirbaren Elektroden gebracht.

Tabelle XXXV.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Richtung des Stromes.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12 h 5′				Ruhe	58	114	170	226
2	„ 6′	1 Grove	absteigend	8 M. M.	Reizung	58	117	177	239
3	„ 7′				Ruhe	57	115	172	228
4	„ 8′	2 Grove	aufsteigend	„	Reizung	53	107	164	220
5	„ 9′				Ruhe	53	110	169	227
6	„ 10′	„	absteigend	„	Reizung	54	114	177	238
7	„ 11′				Ruhe	56	115	176	230
8	„ 12′				„	53	110	174	230
9	„ 13′	„	aufsteigend	„	Reizung	54	109	165	219
10	„ 14′				Ruhe	52	107	164	215
11	„ 15′				„	55	111	168	220
12	„ 16′	„	absteigend	„	Reizung	58	119	184	249
13	„ 17′				Ruhe	55	112	170	228
14	„ 18′				„	53	107	165	222
15	„ 19′	„	aufsteigend	„	Reizung	53	108	168	220
16	„ 20′				Ruhe	54	108	163	220
17	„ 21′				„	50	103	161	209
18	„ 22′	„	„	„	Reizung	53	108	160	205
19	„ 23′				Ruhe	50	105	164	220
20	„ 24′				„	54	108	164	220
21	„ 25′	„	absteigend	„	Reizung	54	111	170	229
22	„ 26′	„	„	„	„	58	114	172	230

Die nächstfolgende Tabelle bezieht sich auf ein anderes Kaninchen, dessen linker Vagus frei präparirt und hoch oben durchschnitten war. Auch hier wurde der peripherische Theil des Nervenstamms über die unpolarisirbaren Elektroden gebrückt.

Tabelle XXXVI.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Richtung des Stroms.	Elektrodenabstand.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	11 h 15′				Ruhe	52	101	151	205
2	„ 16′	1 Daniell	aufsteigend	8 M. M.	Reizung	49	97	145	194
3	„ 17′				Ruhe	50	99	150	202
4	„ 18′	„	absteigend	„	Reizung	53	108	166	226
5	„ 19′				Ruhe	52	104	157	202
6	„ 20′	1 Grove	aufsteigend	„	Reizung	52	99	149	190
7	„ 21′				Ruhe	—	100	152	196
8	„ 22′	„	absteigend	„	Reizung	55	114	173	234
9	„ 23′				Ruhe	57	112	170	227
10	„ 24′				„	52	104	159	210
11	„ 25′	2 Grove	aufsteigend	„	Reizung	52	101	152	203
12	„ 26′	„	„	„	„	48	96	146	193
13	„ 27′				Ruhe	51	110	168	218
14	„ 28′				„	53	107	161	216
15	„ 29′	„	absteigend	„	Reizung	55	110	170	228
16	„ 30′	„	„	„	„	58	117	180	242
17	„ 31′				Ruhe	58	117	174	232
18	„ 32′				„	53	108	166	224
19	„ 33′				„	55	110	165	220
20	„ 34′	„	aufsteigend	„	Reizung	55	110	165	221
21	„ 35′	„	„	„	„	53	106	152	212
22	„ 36′	„	„	„	„	50	100	153	196
23	„ 37′	„	„	„	„	49	98	150	204
24	„ 38′				Ruhe	51	108	162	224
25	„ 39′				„	56	113	172	230
26	„ 40′				„	56	112	173	230
27	„ 41′	„	absteigend	„	Reizung	62	124	188	252
28	„ 42′	„	„	„	„	64	128	193	260
29	„ 43′	„	„	„	„	60	122	184	250
30	„ 44′	„	aufsteigend	„	„	58	109	159	210
31	„ 45′				Ruhe	58	108	164	220
32	„ 46′	„	absteigend	„	Reizung	61	120	182	246
33	„ 47′				Ruhe	57	114	175	236
34	„ 48′				„	57	114	174	235

Aus dieser Tabelle leuchtet die Gesetzmässigkeit des Einflusses, den die Stromesrichtung ausübt, noch deutlicher hervor als aus den beiden vorigen, so dass wir es uns füglich erlassen dürfen noch weiteres bestätigendes Material aus unserem Tagebuche mitzutheilen. In No. 8 steigert der absteigende Strom die Pulsfrequenz um 38 Schläge in der Minute. In No. 20 bis 23 sehen wir, dass der aufsteigende Strom seine Wirkung bei längerer Dauer deutlich entfalten kann, ohne dass diese Wirkung gleich in der ersten Minute zur Beobachtung zu kommen braucht; aber in No. 22 hat er im Vergleich zur letzten Ruheminute eine Frequenzverminderung bis um 24 Schläge in der Minute hervorgebracht. Interessant ist die Zahlenreihe von No. 26 bis No. 31:

No. 26	in der Ruhe:	Pulszahl für die Minute	230,
„ 27—29	Einwirkung des absteigenden Stroms	„ „ „ „	250—260,
„ 30	Einwirkung des aufsteigenden Stroms	„ „ „ „	210,
„ 31	in der Ruhe	„ „ „ „	220.

Aus diesen Versuchsreihen ergiebt sich also, dass constante Ströme, die auf den vom Hirn getrennten Vagus einwirken, wenn sie absteigend gerichtet sind den Herzschlag häufiger machen, wenn sie aufsteigend gerichtet sind die Pulsfrequenz vermindern.

Hiernach waren wir begierig zu sehen, wie die constanten Ströme auf den unversehrten, d. h. auf den sowohl mit dem verlängerten Mark wie mit dem Herzen zusammenhängenden Vagus wirken würden. Es wurde daher ein Platinelektrodenplättchen unter den rechten Vagus eines Kaninchens gebracht, und die in Tabelle XXXVII verzeichneten Zahlen gefunden.

Tabelle XXXVII.

Nummer d. Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Richtung des Stromes.	Zustand des Nerven.	I.	II.	III.	IV.
1	12 h 2′			Ruhe	50	102	156	210
2	„ 3′			„	50	100	152	205
3	„ 4′	1 Daniell	absteigend	Reizung	54	112	173	232
4	„ 5′			Ruhe	55	110	171	224
5	„ 6′	„	aufsteigend	Reizung	53	107	165	220
6	„ 7′			Ruhe	55	112	169	225
7	„ 8′	„	„	Reizung	53	107	161	214
8	„ 9′			Ruhe	54	108	164	222
9	„ 10′	„	absteigend	Reizung	56	111	167	220
10	„ 11′	„	„	„	55	110	166	222
11	„ 12′			Ruhe	52	106	163	218
12	„ 13′	1 Grove	aufsteigend	Reizung	52	106	161	212
13	„ 14′			Ruhe	53	108	163	220
14	„ 15′	„	absteigend	Reizung	56	116	175	236
15	„ 16′			Ruhe	54	112	170	227
16	„ 17′	2 Grove	„	Reizung	58	120	179	240
17	„ 18′			Ruhe	52	101	159	220

Augenscheinlich war der Erfolg derselbe wie in den frühern Versuchsreihen, bei welchen der Vagus vom Hirn getrennt war. In No. 9 und 10 scheint zwar der absteigende Strom seine Wirkung zu versagen, allein, wie die deutlichen Erfolge in No. 14 und No. 16 lehren, nur weil er zu schwach war; als das Daniell'sche Element mit 1 oder 2 Grove'schen Elementen vertauscht ward, trat die frequenzvermehrende Wirkung des absteigenden Stromes sogleich wieder hervor. Frühere Versuche hatten uns schon darüber belehrt, dass man nur schwankende Resultate erhält, wenn man den Strom eines Daniell'schen Elementes durch Nebenschliessung schwächt.

Gemeinsam ist allen Versuchsreihen, in welchen der constante Strom angewendet wurde, dass die frequenzvermehrende Wirkung des absteigenden Stromes die frequenzvermindernde des aufsteigenden übertrifft.

Mag man aber den vom Hirn getrennten oder den unversehrten Vagus der Einwirkung constanter Ströme aussetzen, immer bringt

wenn nur die Ströme nicht zu schwach genommen werden, die absteigende Stromesrichtung ein Häufigerwerden, die aufsteigende ein Seltnerwerden des Herzschlags hervor.

Bedenkt man nun, dass, wie Pflüger bewiesen hat, Reize, welche auf der Seite der Kathode, in dem Gebiete der katelektrotonischen Strecke eines Nerven, thätig sind, an Wirksamkeit gewinnen, solche dagegen, die auf der Seite der Anode, in dem Gebiete der anelektrotonischen Strecke einen Nerven angreifen, an Wirksamkeit verlieren, so erklärt sich die frequenzvermehrende Wirkung des absteigenden und die frequenzvermindernde des aufsteigenden Stromes ganz einfach aus der schon oft gemachten Annahme, dass der eigentliche Angriffsort für die periodisch wiederkehrende Reizung des Vagus an der Peripherie, d. h. im Herzen selbst zu suchen sei.

Keinenfalls kann fürderhin schlechtweg von einer lähmenden Wirkung der constanten Ströme auf den Vagus die Rede sein, und der bedingte Sinn, in welchem der constante Strom eine solche Lähmung bewirken kann, sichert dem Vagus vollends seinen Platz in der Gruppe der motorischen Nerven. Wie in jedem anderen motorischen Nerven, so ruft der constante Strom auch im Vagus auf Seiten der Kathode vermehrte, auf Seiten der Anode verminderte Reizbarkeit hervor: wenn also die Reize an der Peripherie des Vagus, im Herzen — gleichviel auf welche Weise — einwirken, dann muss der absteigende Strom den Herzschlag häufiger, der aufsteigende dagegen ihn seltner machen.

Die Annahme, dass der constante Strom die Fortpflanzung von Reizen, die im Hirn geboren würden, bis zum Herzen unmöglich machen und dadurch im Sinne der Hemmungstheorie lähmend, d. h. frequenzvermehrend wirken sollte, hat durch unsere Untersuchungen allen Halt verloren. Nach jener Annahme dürfte die Frequenzvermehrung nicht eintreten, wenn der vom Hirn getrennte Vagus mit constanten Strömen behandelt wird, und doch geschieht dies jedesmal, wenn hinlänglich starke Ströme in absteigender Richtung den Nerven durchfliessen.

Nachdem wir im Obigen die wesentlichen Einwürfe, welche gegen die Auffassung des Vagus als eines motorischen Nerven gemacht worden sind, theils entkräftet, theils in Argumente, welche zu Gunsten dieser Auffassung sprechen, verwandelt haben, fassen wir die Lehre von der Innervation des Herzmuskels in folgende Worte zusammen:

Das Herz ist ein Organ, welches von vier sehr reizbaren und verhältnissmässig leicht zu überreizenden motorischen Nerven versorgt wird, den beiden herumschweifenden und den beiden sympathischen Nerven; diese vier Nerven stehen in einem eigenthümlichen Consensus, welcher ohne Zweifel durch die Ganglien des Herzen vermittelt wird, so dass die Zustände der Reizung oder Ueberreizung, in welche einer der betreffenden Nerven versetzt wird, sich den drei anderen mittheilen; es ist aber nicht möglich durch Ueberreizung eines einzigen der vier in Rede stehenden Nerven die drei anderen dauernd zu erschöpfen, da Reize, welche hierzu stark genug wären, sehr bald die gereizte Strecke des einen Nerven tödten und damit ihre durch diese Nervenstrecke vermittelte Einwirkung auf die drei anderen einbüssen würden.

Zürich, 29. April 1861.

IV.

Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere.

Von

G. Valentin.

Zehnte Abtheilung.

§. 19.

Blutdruck, Lauf des Blutes in den feineren Gefässen, Art der Herzbewegung, Schnelligkeit des Kreislaufes.

Die an der Carotis erstarrter Murmelthiere gemachten Erfahrungen führten zu dem Satze, dass der arterielle Blutdruck während des grössten Theiles der Einathmungszeit steigt und während der Dauer der Ausathmung sinkt, dass mithin hier das Entgegengesetzte von dem, was man für die wachen Geschöpfe angenommen hat, Statt findet [1]). Die in der letzten Abhandlung S. 65 mitgetheilten Curven erläutern das Nähere zwischen p und o, r und q, t und s. Da hier lange Ruhepausen zwischen je zwei Athemzügen eintreten, so kann die Deu-

---

[1]) Diese Zeitschrift Bd. VII. 1860. S. 66 und 70. Ich erlaube mir bei dieser Gelegenheit darauf aufmerksam zu machen, dass zwei sinnstörende Druckfehler in der letzten Abhandlung von dem Setzer nicht verbessert worden, nämlich S. 70. Z. 3 v. o. Erscheinung statt Erfrischung und Z. 10 v. o. Hebung statt Senkung.

tung keinem Zweifel unterliegen. Ein späteres Heft [1]) dieser Zeitschrift brachte den Abdruck einer der Wiener Academie im April 1860 mitgetheilten Arbeit von Einbrodt [2]) über den Einfluss der Athembewegungen auf Herzschlag und Blutdruck. Diese durch die Schärfe ihrer Ergebnisse ausgezeichnete Mittheilung enthält unter Anderem auch den Nachweis, dass der arterielle Blutdruck der Hunde um eine geringe Grösse bei dem Beginne der Einathmung sinkt, in der Folge dagegen anhaltend steigt. Die von der grösseren Häufigkeit der Herzschläge herrührende Erhöhung reicht bis an den Anfang der Ausathmung. Da aber diese mit einer Verminderung der Menge der Herzschläge verbunden ist, so geht deshalb wiederum die Spannungsgrösse herab [3]). Die oben erwähnten Murmelthiercurven lassen diese Erscheinungen deutlich erkennen.

Fasst man Alles zusammen, so kann man behaupten, dass die wachen Säugethiere (Hunde) und die erstarrten Murmelthiere in der Hauptsache übereinstimmen. Der negative Einathmungsdruck verkleinert an und für sich den arteriellen Blutdruck, während ihn der positive Ausathmungsdruck vergrössert. Dieser von den älteren Forschern allein berücksichtigte Umstand wird aber durch die Wirkung des Herzschlags mehr als ausgeglichen. Die Spannungsgrösse, die wir in den Schlagadern antreffen, rührt von der Stärke der Füllung der Arterien mit Blut, von dem Ueberschusse des Zuflusses über den Abfluss her. Giesst das Herz eine beträchtlichere Blutmenge in die Aorta, indem es absolut mehr einpumpt, oder häufiger schlägt, so erhöht sich die Spannung. Die Zunahme der Zahl der Herzschläge während der Einathmung lässt daher den arteriellen Blutdruck mehr steigen, als ihn der negative Inspirationsdruck herabsetzt. Die Verminderung, welche die Ausathmung begleitet, wirkt eben so hypercompensirend auf den positiven Exspirationsdruck. Die von Einbrodt und die von mir erhaltenen Curven zeigen zugleich dass oft die systolische Steigung des arteriellen Blutdruckes während

---

[1]) Diese Zeitschrift Bd. VII. 1860. S. 265—324.

[2]) Einbrodt, Sitzungsberichte der Wiener Academie, Bd. XL. 1860. S. 361—

[3]) Diese Zeitschrift Bd. VII. S. 320. 21. Sitzungsberichte S. 411.

der Einathmung länger dauert, als die diastolische Senkung, die Ausathmung dagegen das Umgekehrte darbietet. Die Inspiration hat daher um so eher eine Erhöhungs- und die Exspiration eine Abnahmsresultante. Nur ein Umstand tritt an den Murmelthieren in eigenthümlicher Weise hervor. Eine lange Ruhepause, die einer tieferen Einathmung folgt, zeigt oft einen merklich höheren bleibenden Blutdruck, was mit der Belebung des Herzens durch die Erfrischung des Blutes zusammenhängt.

Man kann die Bauchhöhle eines fest schlafenden Murmelthieres öffnen, einen Theil des Gekröses des Dünndarmes oder des grossen Netzes auf dem Objecttische des Mikroskopes ausbreiten und hier länger als eine halbe Stunde untersuchen, ohne dass das Thier erwacht. Die Zahl der Athemzüge nimmt sogar unter günstigen Nebenumständen nicht bedeutend zu. Der Blutstrom ruht im Anfange in den Schlag- und den Blutadern des Gekröses oder des Netzes, die $^1/_{20}$ Mm. oder noch weniger im Durchmesser haben. Man glaubt daher leicht an eine Stockung durch unglückliche Versuchsverhältnisse. Setzt sich endlich die Masse in Bewegung, so bemerkt man kein Klopfen, kein stossweises Rücken, sondern einen langsamen gleichförmigen Strom. Jede tiefe Athembewegung beschleunigt ihn schon kurz nach seinem Beginne. Die grössere Geschwindigkeit hält auch noch eine Zeit lang nach dem Aufhören derselben an. Folgen die Athemzüge rascher, so nimmt die Schnelligkeit merklich zu. Bleiben sie wieder längere Zeit aus, so sah ich einige Male, wie der breite Blutstrom, der früher, wie gewöhnlich, in einer Vene nach dem Herzen zu dahingegangen, zurückwich und später zu seiner ursprünglichen Richtung umkehrte.

Einige ungefähre Zeitbestimmungen, die ich an einem 1,6 Kilogramm schweren, ziemlich fest schlafenden Murmelthiere anstellte, können einen Begriff geben, wie langsam das Blut in den Gekrösblutadern von $^1/_{15}$ bis $^1/_{20}$ Mm. Durchmesser strömt. Die Werthe beziehen sich auf eine geradlinigte Wegstrecke von 1,6 Millimeter. Hatte die Athmung den Blutlauf schon sichtlich beschleunigt, so waren 4 Secunden für jene Länge nöthig. Einige neue, nach längeren Pausen erfolgende Athemzüge setzten jenen Werth auf 20 und später

sogar auf 16 Secunden herab. Nun folgte eine sehr lange Ruhepause. Der Blutstrom wurde allmälig langsamer, schwankte mehrere Mal in Ausdehnungen von mehr als einem halben Millimeter absoluten Werthes hin und her und stand endlich gänzlich still. Hatte ihn eine neue Athembewegung abermals angeregt, so brauchte er 40 Secunden für die zum Grunde gelegte Wegstrecke.

Nehmen wir die mittlere Secundengeschwindigkeit des Blutlaufes der Haargefässe der wachen Geschöpfe zu $^2/_5$ Millimeter an, so brauchten hier die Blutkörperchen $2^1/_2$ Secunden für eine Weglänge von einem Millimeter. Die durch die Athmung beschleunigte Blutbewegung der oben genannten Venen des Dünndarmgekröses, die natürlich rascher als in den Haargefässen vor sich geht, hatte 25,0 bis 10,0 Secunden oder 10 bis 4 Mal so viel Zeit nöthig.

Ist der Herzschlag so lange ausgeblieben, dass der Blutlauf vollkommen stockt, so stösst eine neue Kammerzusammenziehung auf einen grösseren Widerstand der Fortbewegung der Blutmasse, als wenn diese schon durch die Wirkung früherer Herzschläge in Fluss gesetzt worden. Man findet daher, dass der Beginn des Fortrückens immer nur einen geringen Grad von Geschwindigkeit selbst unter dem Mikroskope zeigt, obgleich dieses die Schnelligkeit in gleichem Verhältnisse zu seiner linearen Vergrösserung scheinbar zunehmen lässt. Der Hin- und Hergang der Blutsäule, das Loslösen einzelner vorher locker gemachter und deshalb wankender Blutkörperchen, wie man es in den Haargefässen des Frosches bei der Ausgleichung einer vorangegangenen Stase sieht, habe ich hier nicht wahrgenommen. Der Grund liegt vermuthlich in der schon früher hervorgehobenen auffallend schwachen Gerinnbarkeit des Blutes.

Hat das vorher ruhende Blut zu strömen angefangen, so fliesst es noch verhältnissmässig lange nach dem Aufhören der Kammerzusammenziehung fort. Da keine schnelle Aenderung der Geschwindigkeit vorkommt, so werden wir schliessen, dass die elastische Verengerung der Schlagadern eine im Verhältniss zur Druckkraft der systolischen linken Kammer bedeutende Druckgrösse liefert und nur sehr allmälig zu dem ihr möglichen Maximum gelangt, bei welchem sich die elastische Kraft und die von der Blutsäule entgegengesetzte

Widerstände das Gleichgewicht halten und daher die weitere Abnahme des Querschnittes aufhört. Die verhältnissmässig bedeutende ursprüngliche Spannung wird aber durch den oben erwähnten Widerstand des ersten Fortrückens der Blutsäule bedingt, so dass deshalb ein grösserer Theil des von der linken Kammer eingetriebenen Blutes die Arterien in stärkerem Maasse ausdehnt.

Man darf annehmen, dass der Unterschied des arteriellen und des venösen Blutdruckes während der langen Pausenzeiten, die zwischen zwei Herzschlägen liegen, beträchtlich abnimmt. Ein Versuch, diesen Schluss auf dem Erfahrungswege zu prüfen, scheiterte mir an unglücklichen Nebenverhältnissen. Ich würde daher die Sache nicht erwähnt haben, wenn nicht das Verfahren, dessen ich mich bedienen wollte, auch bei ätherisirten, sonst wachen Geschöpfen angewendet werden könnte, um neue Aufschlüsse über den Blutdruck zu gewinnen. Man legt nämlich die beiden Nieren bloss, führt eine mit einem Manometer zu verbindende Canüle in die rechte Nierenschlagader bis zu deren Ursprunge aus der Aorta und eine zweite in die linke Nierenblutader bis zu dem Uebergange derselben in die untere Hohlader. Der Vergleich des Seitendruckes der Aorta mit dem gleichzeitig stattfindenden der unteren Hohlvene ist auf diese Art möglich gemacht.

Die Beschleunigung des Blutlaufes, welche die raschere Wiederholung der Herzschläge und besonders eine tiefe Athembewegung erzeugt, tritt nie stürmisch ein. Das Zurückweichen der vorher fortgeschrittenen Blutsäule, wie man es in den Haargefässen von Fröschen sieht, deren Herz abstirbt und sich daher erst nach längeren Zwischenpausen zusammenzieht, kommt nur ausnahmsweise in den erstarrten Murmelthieren vor. Alle Erscheinungen der Bewegung der Blutmasse haben hier einen Charakter der Ruhe, der es verräth, dass kein Sturm des Todeskampfes den Gang der Verhältnisse trübt.

Diese Kreislaufsbeobachtungen setzen es ausser Zweifel, dass das Blut der ziemlich fest eingeschlafenen Murmelthiere verhältnissmässig lange Zeiträume hindurch vollkommen ruht. Die später nirgends gehinderte Beweglichkeit der Blutkörperchen lehrt zugleich, dass kein merklicher Grad von Gerinnung unterdessen zu Stande kommt.

Hat man die Bauchdecken in vier Quadranten zurückgeschlagen,

so dass die Eingeweide frei liegen, so tritt das Zwerchfell bei jeder tiefen Einathmung stark hinab und treibt die Leber und den Magen mehrere Centimeter weit in dieser Richtung vor. Der mannigfachste Wechsel der Lage des Darmes ändert Nichts an der Haupterscheinung.

Das Herz eines erstarrten Murmelthieres schlägt häufig zwei bis drei Stunden und bisweilen die doppelte Zeit nach der Eröffnung der Brusthöhle mit grosser Ruhe fort. Man bemerkt hierbei die langen Zwischenpausen, die nicht selten eine Reihe von Minuten betragen, und die Langsamkeit der Verkürzung, wie sie schon in der letzten Abtheilung nach Beobachtungen mit der Explorationsnadel geschildert worden. Das blosse Anhauchen des Herzens genügt bei irgend vorhandener Empfänglichkeit einen Schlag hervorzurufen, wenn z. B. die Luftwärme 13° 5 C. und die Temperatur in der Brusthöhle 14° bis 15° C. beträgt. Das Auftropfen von heissem Wasser dagegen blieb bisweilen erfolglos, wenn noch das Anhauchen kurz vor- und nachher wirkte.

Greift ein Herzschlag nach längerer Ruhepause ein, so geht in der Regel die Zusammenziehung der Vorhöfe der der Kammern voraus. Ich habe jedoch in einem Murmelthiere, dessen Luftröhre unterbunden worden, mehrere Male gesehen, dass sich die Kammern zusammenzogen, ohne dass die lange Zwischenpause der Ruhe von einer Verengerung des Sinus oder der Herzohren unterbrochen wurde. Es kommt in den letzten Zeiten der Herzthätigkeit vor, dass sich die Vorkammern allein verkürzen. Ich konnte nie wahrnehmen, dass die geringste Spur einer Systole der Kammern vor der der Vorkammern auftrat. Die Verkürzung von diesen betrug nicht genau die Hälfte der Zeit, welche die Zusammenziehung des Herzens in Anspruch nahm. Mögen auch die einzelnen Momente der Herzbewegung noch so langsam auftreten, so ist immer die Zeit zwischen der Zusammenziehung der Vorhöfe und der der Kammern auffallend kurz. Der Vor- und der Nachschlag, mit dem sich beide vergleichen lassen, folgen jedoch nicht immer so rasch, als in dem Herzen wacher Säugethiere.

Die Zusammenziehung scheint im Normalzustande an dem Sinus

zu beginnen und erst eine kurze Zeit später in dem Herzohre aufzutreten. So wie diese erfolgt ist, fängt die Verkürzung der Kammern an der Basis an und geht nach dem Spitzentheile fort. Man erkennt dieses in einzelnen Murmelthieren deutlicher, als in wachen Geschöpfen. Die Spitze wird oft, wie es scheint, durch die Thätigkeit der Basis und der Mitte der Kammern passiv bewegt, wenn der Herzschlag geschwächt ist. Alle Abschnitte des rechten Herzens ziehen sich immer gleichzeitig mit den entsprechenden des linken zusammen. Die Systole der Kammern verkleinert den von der Basis nach der Spitze gehenden Längendurchmesser und vergrössert den seitlichen und vorzugsweise den von vorn nach hinten gehenden Durchmesser in auffallendem Maasse. Die Vorderfläche des Herzens wölbt sich daher in bedeutendem Grade und der Spitzentheil wird sichtlich runder. Der letztere hebt sich zugleich in manchen Exemplaren so beträchtlich, dass ich denjenigen Forschern, welche diese Art von Bewegung in Abrede stellen, nur rathen kann, Murmelthiere im Winterschlafe zu untersuchen. Die starke Hebung erhielt sich in einem näher geprüften Falle, ich mochte das Herz lagern, wie ich wollte. Sie blieb, wenn es auf der rechten oder der linken Kammer und der entsprechenden Lunge ruhte, in der hinteren Mittellinie auflag, bei senkrecht gehaltenem Thiere frei und gerade hing oder bei wagerechter Stellung des Ersteren zur Brustspalte herausragte. Die Basis des Herzens hatte keinen festen Stützpunkt an einem Nachbartheile in dem letzteren Falle.

Elektrische Ströme, welche man durch die herumschweifenden Nerven leitet, können noch den Stillstand des Herzens eine Stunde, nachdem die vordere Brustwand entfernt worden, herbeiführen. Legt man die Elektroden des eben so stark geladenen Magnetelektromotors an die Querfurche des Herzens während der Pausenzeit, so erhält man sogleich eine Zusammenziehung. Lässt man sehr starke Ströme durch die untersten Abschnitte der Halsvagi gehen, so dass schwächere Stromesschleifen die Herzmasse selbst durchsetzen, so überwiegt die hemmende Wirkung der Ersteren vor der erregenden der Letzteren.

Die Beobachtungen, welche man nach der Eröffnung der Brusthöhle anstellt, bestätigen den schon in der letzten Abtheilung angegebenen Doppelfall, dass ein oder mehrere Herzschläge der tiefen

Einathmung vorangehen oder erst dieser nachfolgen. Ich habe das Erstere viel häufiger gesehen, als das Letztere. Der Wechsel der Blutmasse in dem verlängerten Marke gibt vermuthlich in diesem Falle die Veranlassung zur Einathmung. Da sie oft erst dann eintritt, wenn vier oder fünf Herzschläge mit etwas kleineren Zwischenpausen eingegriffen haben, so scheint die Wirkung erst nach einer grösseren Breite des Wechsels möglich zu sein.

Das schon oben erwähnte, durch Unterbindung der Luftröhre getödtete Murmelthier führte zu einigen bemerkenswerthen Ergebnissen. Nachdem es seit 5 Tagen (im April) ununterbrochen geschlafen hatte, unterband ich die Luftröhre mit starkem Faden zwei Mal, um sicher zu sein, dass keine Atmosphäre eingesogen würde. Das Murmelthier rührte sich nicht während und nach der Operation, machte keine Athembewegung und schlief ruhig fort, als wenn nicht das Geringste vorgegangen wäre. Es fing sich erst 42 Minuten nach der Operation zu regen an, nachdem ich indessen den Hüftnerven der linken Seite blossgelegt, durchschnitten und mit dem Galvanometer durch Bäusche in Verbindung gebracht hatte. Es drehte sich dann unruhig hin und her, öffnete aber nicht den Mund, wie ein Säugethier, das sich in Erstickungsnoth befindet. Athembewegungen der Bauchdecken und zum Theil des Brustkastens traten später hin und wieder ein. Man konnte sie durch Drücken eines Fusses künstlich hervorrufen. Der Mund wurde erst nach $^3/_4$ bis einer Stunde nach der Operation von Zeit zu Zeit geöffnet. Der Eintritt des Todes fand ohne allen Kampf Statt und verrieth sich nur durch den Mangel der Athembewegungen. Nachdem die Brusthöhle ungefähr $1^1/_4$ Stunde nach der Operation eröffnet worden, zeigten sich die Herzbewegungen auffallend träger, als in anderen Murmelthieren. Obgleich das Einathmen keine neue Luft in die Lungen einführte und diese, wie früher, zusammengefallen blieben, so kam es doch einige Mal vor, dass ein oder mehrere Herzschläge einer Athembewegung regelmässig nachfolgten. Jene entstanden vermuthlich durch die Uebertragung der Erregung von den Athemnerven auf die Herznerven, ohne dass eine Erfrischung der Blutmasse Statt gefunden hatte.

Wir haben schon §. 14 der siebenten Abtheilung gesehen, dass

der in den Mastdarm gespritzte Schwefeläther für den Uebergang in die Athemluft in dem erstarrten Murmelthiere, viel mehr als die 31fache Zeit wie in dem Kaninchen nöthig hatte. Da hier nicht bloss die Blutbewegung, sondern auch die Aufsaugung und die Abdunstung entscheiden, so gestattet dieses noch keinen unmittelbaren Schluss auf die Gesammtschnelligkeit des Blutlaufes. Nimmt man nach Vierordt[1]) 7 bis 8 Secunden als mittlere Kreislaufszeit für das Kaninchen an, so würde das 31fache $3^1/_2$ bis etwas über 4 Minuten betragen. Die Vermuthung, dass eine Blutlaufsdauer eine so bedeutend grössere Zeit im mässig erstarrten Murmelthiere in Anspruch nimmt, scheint nicht übertrieben zu sein.

Ich wandte das Hering'sche Verfahren auf ein fest schlafendes Murmelthier am Ende der Erstarrungszeit an. Die Lösung des Eisenkaliumcyanürs wurde in die rechte äussere Drosselblutader nach dem Herzen zu gespritzt und ich sammelte Blutproben aus der stark blutenden verletzten Uebergangsstelle in die linke *Vena anonyma* 1, 2, 3, 4, 5, 7 und 9 Minuten nach dem Anfange der Einspritzung. Man nahm später Flüssigkeitsmengen mit weissem Filtrirpapier auf und drückte gegen dieses anderes Filtrirpapier, das mit einer Lösung von Eisenchlorid eben durchtränkt worden. Nur das nach der ersten Minute entnommene Blut zeigte eine grünliche Farbe am Rande, was wahrscheinlich von einer von mir nicht bemerkten Spur von Verunreinigung herrührte. Alle anderen wiederholt geprüften Blutarten lieferten keine Andeutung von grünlicher, geschweige denn blauer Färbung.

Man goss hierauf ungefähr 5 bis 6 Cubikcentimeter einer Lösung von 2 Gran salpetersauren Strychnins in 2 Unzen Wasser in die Halswunde. Das Thier machte kurz nachher eine Reihe von Athemzügen unmittelbar hinter einander, was früher nicht der Fall gewesen. Dieses verlor sich später wiederum, so dass nur eine Athmung erst nach einer längeren Pause auftrat. Als keine Athemzüge mehr von selbst zum Vorschein kamen, konnte man eine Einathmung und ein gleichzeitiges Oeffnen des Mundes und in der Folge das Letztere allein hervorrufen, wenn man den Ballen eines Vorder- oder eines

---

[1]) C. Vierordt in Wunderlich's Archiv. 1858. S. 538.

Hinterbeines drückte. Dieses letzte Reactionszeichen fehlte endlich 33 Minuten nach dem Eingiessen der Strychninlösung. Keine Spur von Krämpfen konnte zu irgend einem Zeitpunkte bemerkt werden.

§. 20.

Verdauungssäfte.

Die in der Gefangenschaft auferzogenen Murmelthiere, die in keinen Winterschlaf verfallen, verzehren natürlich Nahrungsmittel zu allen Jahreszeiten. Thiere dagegen, die man im Anfange der Erstarrungszeit in ihren natürlichen Wohnorten ausgegraben hat, verhalten sich anders. Bleiben sie auch später eine Reihe von Tagen oder selbst mehr als eine Woche lang aus irgend einer Ursache wach, so verschmähen sie doch alle ihnen vorgesetzte Nahrung. Die Speisereste fehlen im Darme, wie schon früher bemerkt wurde, selbst im Anfange des Winterschlafes. Jener hat also Nichts zu verdauen während der ganzen Erstarrungszeit. Die schon in der zweiten Abtheilung erwähnte schwach sauere, mit Flocken vermischte Flüssigkeit, die man im Magen antrifft, das gelbliche im Blinddarm vorhandene Fluidum und die von Zeit zu Zeit entleerten Kothballen bilden blosse Erzeugnisse des Körperumsatzes gleich dem Harne. Es fragt sich daher, ob die Verdauungskräfte der sonst zur Auflösung der Nahrungsmittel dienenden Mischungen im Laufe des Winterschlafes verloren gehen oder nicht.

Ich stellte eine Reihe künstlicher Verdauungsversuche an den einzelnen Theilen zweier Murmelthiere von 1,6 und 1,7 Kilogramm Körpergewicht, die den ganzen Winter ruhig gelassen worden, Ende Märzes an, um so gewissermassen das Maximum der Erstarrungswirkung kennen zu lernen. Alle Mischungen kamen in die Brütmaschine, blieben hier 24 Stunden lang in einer Wärme von 30° bis 40° C. und wurden zum ersten Mal nach ungefähr 5 bis 6 Stunden und abermals am Ende der Versuchszeit geprüft.

Der Kleister, den man aus Kartoffelstärke bereitet, enthält häufig Zucker. Dieser Uebelstand kann, wie schon §. 14 bemerkt worden, vermieden werden, wenn man den Kleister aus einer feinen Sorte der Pfeilwurz darstellt. Ich bediente mich auch dieser zu den uns hier

beschäftigenden Versuchen, prüfte die gallertige Masse mit Fehling'scher Lösung, ehe ich sie anwandte, und setzte noch ein Glas, das nur Wasser und Kleister enthielt, in die Brütmaschine, um mich vor aller Täuschung zu sichern. Wo Säure hinzugefügt wurde, kamen nur 5 bis 10 Tropfen Salzsäure (1 Theil concentrirte Säure auf 4 Theile Wasser) zu 10 Cubikcentimeter Wasser. Das Eiweiss war in Würfel geschnitten, von denen jeder nahezu ein Decigramm wog. Die Verdauungsflüssigkeit erhielt 4 bis 8 solcher Stücke.

Es ergab sich:

Nummer des Versuches.	Mischung.	Wirkung in dem Theile aus Murmelthier	
		A.	B.
1.	Kleister und Wasser.	Keine Spur von Zukker nach 24 Stunden.	Keine Spur von Reduction nach 24 Stunden.
2.	Kleister, Wasser und Unterkieferdrüse.	Kein Zucker nach 5 und nach 24 Stunden.	Kein Zucker nach 24 Stunden.
3.	Kleister, Wasser und Winterschlafdrüse.	Keine Zuckerbildung.	Kein Zucker.
4.	Kleister, Wasser und Bauchspeicheldrüse.	Keine Zuckerbildung nach $4^3/_4$ Stunden, dagegen starke Reduction des Kupferoxydes nach 22 Stunden.	Schon nach 5 Stunden schwache, aber unzweifelhafte Reduction. Sehr starke nach 24 Stunden. Die Flüssigkeit reagirt dann schwach sauer.
5.	Kleister, Wasser und Magenschleimhaut.	Keine Spur von Zukker.	Keine Spur von Reduction.
6.	Kleister, Wasser und Dünndarm.	Keine Zuckerbildung.	Keine Zuckerbildung.

Nummer des Versuches.	Mischung.	Wirkung in dem Theile aus Murmelthier	
		A.	B.
7.	Kleister, Wasser und Blinddarm.	Keine Spur von Zukker.	Keine Spur von Zukker.
8.	Schwach sauere Flüssigkeit aus dem Magen und Eiweisswürfel. (Die erstere enthielt keine Spur von Zukker).	Eiweiss unverändert.	Nach 24 Stunden Eiweisswürfel weich, an den Rändern durchsichtig, in der Mitte weiss und undurchsichtig.
9.	Muskel- und Schleimhaut des Magens, Wasser und Eiweiss.	Keine Spur von Verdauung des Eiweisses oder der Magenhäute.	Eiweiss unverändert. Kein Fäulnissgeruch.
10.	Muskel- und Schleimhaut des Magens, Wasser, Salzsäure und Eiweiss.	Die Eiweisswürfel nach 24, nicht aber nach 6 Stunden, an den Rändern durchsichtig, im Innern weiss und weich. Magenhäute unverändert.	Eiweisswürfel weich.
11.	Bauchspeicheldrüse, Wasser und Eiweiss.	Keine Veränderung.	Unverändert.
12.	Dünndarm, Wasser und Eiweiss.	Unverändert.	Keine Veränderung.
13.	Dünndarm, Wasser, Salzsäure und Eiweiss.	Unverändert.	Keine Veränderung.
14.	Gelbe neutrale Flüssigkeit aus dem Blinddarme und Eiweiss.	Keine Veränderung.	Unverändert.

Nummer des Versuches.	Mischung.	Wirkung in dem Theile aus Murmelthier	
		A.	B.
15.	Blinddarm, Wasser und Eiweiss.	Unverändert	Unverändert.
16.	Blinddarm, Wasser, Salzsäure und Eiweiss.	Unverändert.	Unverändert.

Wir sehen hieraus, dass die Unterkieferdrüse, die Winterschlafdrüse, die Schleimhäute des Magens, des Dünndarmes und des Blinddarmes die Fähigkeit nicht besassen, den Kleister in Zucker überzuführen. Die Schleimhäute des Magens (ohne Säurezusatz), die Bauchspeicheldrüse, der Dünndarm, der Blinddarm, die beiden Letzteren *selbst* mit geringen Mengen von Salzsäure vermischt und die neutrale Flüssigkeit des Blinddarmes übten keine Spur von Wirkung auf die Eiweisswürfel aus. Diese blieben hart und undurchsichtig.

Wir stossen nur auf zwei Mischungen, die positive Erfolge darboten. Sie sind die gleichen, die sich auch in wachen Geschöpfen durch die Kräftigkeit ihres Einflusses auszeichnen. Der Aufguss der Bauchspeicheldrüse erzeugte unzweifelhaft Zucker aus dem Kleister. Obgleich ein mehr als viermonatlicher ungestörter Winterschlaf die Kräfte dieser Drüse nicht gänzlich zerstört hatte, so waren sie doch offenbar sehr geschwächt. Die erste unbedeutende Reduction des Kupferoxyds kam nur nach einer Reihe von Stunden zum Vorschein. Die Flüssigkeit, die einen Tag in der Brütmaschine gestanden, schlug zwar reichliche Mengen von Kupferoxydul nieder und verrieth eine schwach sauere Beschaffenheit. Die kräftige, mit Milchsäurebildung verbundene Gährung und die lebhafte Gasentwicklung, welche die Bauchspeicheldrüse wacher Geschöpfe in ähnlichen Versuchen liefert, fehlte dagegen. Der Mangel der Zuckerbildung unter dem Einflusse des Dünndarmes zeigt, dass keine merklichen Mengen wirksamen Pancreassaftes in ihm vorhanden waren.

Erst ein Zusatz von Salzsäure rief die Anfänge von Eiweissverdauung mittelst der Magenschleimhaut hervor. Die Magenhäute selbst dagegen waren nicht sichtlich angegriffen. Da aber die schwach sauere im Magen vorkommende Flüssigkeit auf Eiweiss wirkte, so erhellt, dass nicht alle Kräfte des Magens verloren gehen.

Fassen wir Alles zusammen, so besassen die meisten der geprüften Theile keine verdauenden Thätigkeiten. Schwache Reste derselben zeigten sich im Magen bei der Anwesenheit von Säure. Die Bauchspeicheldrüse hatte nur einen kleinen Theil ihrer sonst so nachdrücklichen Wirkung auf den Kleister übrig behalten. Sie liess dagegen Eiweisswürfel ungelöst zurück.

Die von Schiff gemachten Beobachtungen lehren, dass Einspritzungen einer Dextrinlösung in das Blut oder in den Darm den Magen mit ausserordentlichen Mengen von wirksamem Magensaft laden. Ich habe eine solche Auflösung in den Mastdarm eines erstarrten Murmelthieres eingeführt. Das Thier erwachte aber in Folge des Eingriffes, blieb beinahe eine Woche lang munter und vereitelte auf diese Art die Ermittelung des Erfolges.

§. 21.

Flimmerbewegung, Muskelreizbarkeit, Muskel- und Nervenstrom.

Die Flimmerbewegung erhält sich länger, als in den nicht erstarrenden warmblütigen Geschöpfen. Man kann darauf rechnen, sie noch drei oder vier Tage nach dem Tode in der Schleimhaut der Luftröhre oder der Nase anzutreffen. Ein am Anfange des Winterschlafes getödtetes Murmelthier zeigte sogar die lebhafteste Flimmerbewegung in der Luftröhre und den Bronchien 138 Stunden oder beinahe 6 Tage nach dem letzten Athemzuge. Ein zweites, mitten in der Winterschlafszeit ersticktes Exemplar führte noch weiter. Die Luftröhre und der hinterste Abschnitt der Nasenwände, die ich 9 Tage nach dem Tode zuerst blosslegte, flimmerten auf das Lebhafteste. Ich brachte dann die Theile in einen mit Wasserdampf gesättigten Raum. Eine starke Fäulniss stellte sich kurz darauf ein. Die Flimmerbewegung der Luftröhre liess sich dessenungeachtet noch 4 Tage später oder 13 Tage nach dem Tode erkennen.

Man muss sich übrigens vor einer Täuschung, die an faulenden Präparaten leicht möglich ist, zu hüten suchen. Ist die Zersetzung weiter vorgeschritten, so findet man Milliarden von Vibrionen, deren lebhafte Bewegung das Trugbild eines flimmernden Randes erzeugen kann, in der die Schleimhäute bedeckenden zähen Masse. Man muss dann die Oberfläche vorsichtig abwaschen, um nicht die Flimmerhaare bei der Entfernung jener beweglichen Wesen zu zerstören. Ich konnte z. B. noch auf diese Art die Flimmerbewegung 11 Tage nach dem Tode in der Nasenschleimhaut darstellen. Sie war in diesem Falle, wie in den früheren eben so lebhaft, als in einem kurz vorher getödteten Geschöpfe.

Die Reizbarkeit der rothen Muskelmassen hält zwar länger nach dem Tode, als in nicht erstarrten warmblütigen Geschöpfen an. Sie schwindet aber selbst unter den günstigsten Nebenbedingungen früher, als der Vergleich mit den Amphibien erwarten liesse. Man kann die verschiedensten Versuche über den Einfluss der Bewegungsnerven und die unmittelbare Reizung der Muskelmassen 6 bis 8 Stunden nach dem Tode oder noch später mit aller Bequemlichkeit anstellen, besonders wenn man die Thiere erst gegen das Ende des Winterschlafes tödtet und in einer Luftwärme von 12° bis 16° C. arbeitet. Die Erregbarkeit aller rothen Muskeln ist aber in der Regel nach 12 bis 18 Stunden geschwunden. Einzelne Glieder mancher Thiere sind dann schon der Todtenstarre verfallen. Diese trat dagegen erst nach zwei bis drei Tagen in anderen Muskelmassen der gleichen oder anderer Exemplare ein, obgleich sich dann keine Spur von Reizbarkeit 15 bis 24 Stunden nach dem Tode nachweisen liess. Es versteht sich von selbst, dass die Versuche günstiger ausfallen, wenn die Murmelthiere schon seit einer Reihe von Tagen wiederum eingeschlafen waren.

Bringt man zwei ungefähr einen Centimeter wechselseitig abstehende Nadeln, die mit den Leitungsdrähten einer Batterie verbunden sind, durch die sonst unversehrte Haut in den Oberschenkeltheil des Hüftnerven eines schlafenden Murmelthieres, so überzeugt man sich, dass auch hier das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven ausnahmslos gilt. Jede Richtung der nicht allzu starken galvanischen Ströme gibt

nur Schliessungs- und keine Oeffnungszuckungen, zu allen Zeiten und in allen Intensitätsgraden des Winterschlafes.

Die Versuche, die man an ausgeschnittenen Theilen anstellt, werden in dieser Hinsicht noch belehrender. Da die Reizbarkeit der Muskeln und der Nerven Stunden lang anhält, so kann man hier Präparate, wie aus dem Frosche anfertigen. Ich nenne in der Folge Wadenmuskelpräparat (und absichtlich nicht Gastrocnemiuspräparat) ein solches, welches die Wadenmuskeln und den daran hängenden Hüftnerven enthält. Der Gebrauch eines solchen führt wesentlich weiter, als der eines galvanischen Froschpräparates. Das Zuckungsgesetz der lebenden Nerven blieb so lange unbekannt, weil es nicht mehr an dem ausgeschnittenen oder sonst misshandelten Hüftnerven des Frosches aufzutreten pflegt. Ich konnte dagegen dasselbe noch an dem Hüftnerven des Wadenmuskelpräparates des Murmelthieres 6 Stunden nach dem Tode, so oft ich wollte, nachweisen. Man vermag zwar an dem Frosche ebenfalls darzuthun, dass das gleiche Zuckungsgesetz, wie für den Nerven, für den Muskel gilt. Der Versuch lässt sich aber noch belehrender an dem Wadenmuskelpräparate des erstarrten Murmelthieres anstellen, da man hier zu zeigen im Stande ist, dass ein einzelner untergeordneter Bezirk des reizbaren Muskels nur bei dem Schlusse und nicht bei der Oeffnung der Kette gesondert zuckt. Ist indess die Empfänglichkeit überhaupt erhalten geblieben, so stösst man in der Folge auf einen Zeitpunkt, in dem doppelte statt einfacher Wirkungen, also Schliessungs- und Oeffnungszuckungen zum Vorschein kommen.

Die Murmelthierpräparate können auch bekräftigen, dass ein constanter Strom bei jeder seiner beiden Richtungen oberhalb und unterhalb zu hemmen vermag. Ein Versuch, der 5 bis 6 Stunden nach dem Tode gemacht wurde, möge als Beispiel dienen. Ich gebrauchte zwei kleine mit Salzwasser geladene Zinkkohlenelemente als erregende und vier mit verdünnter Schwefelsäure versehene als hemmende Kette. Bezeichnen wir die von dem Rückenmarke nach der Peripherie gehende Stromesrichtung mit p und die umgekehrte mit c, die stärksten Zuckungen mit a und die schwächeren mit b und c, so ergab sich:

Constanter Strom.	Oberhalb der beständig durchflossenen Stelle.	Unterhalb der beständig durchflossenen Stelle.	Reizung mit den zwei Elementen ohne Einschaltung des beständigen Stromes.
p.	p = c = o. o.	p = b. o. c = o. b.	p = c = a. a.
c.	p = c = o. o.	p = b. o. c = o. o.	p = c = a. a.

Wir sehen hieraus, dass das kleine Doppelelement kräftige Schliessungs- und Oeffnungszuckungen ergab, wenn kein Widerstand seiner Wirkung entgegentrat. Es lieferte dagegen gar keine Erfolge oberhalb und schwächere unterhalb, so wie die stärkere hemmende Kette dazwischen trat. Die centripetale Richtung des constanten Stromes schien in letzterer Hinsicht nachdrücklicher, als die centrifugale einzugreifen.

Die gesonderten Muskeln ziehen sich immer langsam zusammen, eine Eigenthümlichkeit, die auch an den kalten, in dem lebenden und erstarrten Thiere blossgelegten Muskeln auffällt. Man hat in der Regel jene zähe Verkürzungsweise, wie sie Froschmuskeln in der Nähe des Gefrierpunktes oder zu den letzten Zeiten ihrer Erregbarkeit darbieten. Die geringe Geschwindigkeit wiederholt sich auch bei der Erschlaffung.

Bündel des vorderen Sägemuskels verkürzten sich um 0,48 ihrer Länge bei einer Belastung von 2 Grm., einem Gewichte von 0,52 Grm., einer Länge von 23 Millimetern und unter dem Einflusse des Magnetelektromotors.

Wir werden sehen, dass im Allgemeinen die durch die Fäulniss bedingten Molecularveränderungen in den Muskeln früher, als in den Nerven auftreten. Die Empfänglichkeit der Letzteren scheint auch länger als die der Muskelmasse anzuhalten. Legte ich die Leitungsdrähte des Magnetelektromotors an die Querfurche des Herzens, dessen Schläge vor ungefähr vier Stunden aufgehört hatten, so erhielt ich

keine Wirkung. Brachte ich sie dagegen an den Halsstamm des herumschweifenden Nerven, der schon in dem lebenden Thiere blossgelegt worden war, so zogen sich die Muskelfasern der Kammern eine Reihe von Malen hinter einander ziemlich rasch zusammen. Kehrte ich wieder nach eingetretener Ruhe zur Querfurche zurück, so erhielt ich jetzt eine Wirkung auf die Muskelmasse der Kammern.

Die Fähigkeit der idiomusculären Verkürzung hält immer eine Reihe von Stunden an. Ein Hieb mit dem Messerrücken erzeugt eine ihm entsprechende begrenzte Wulsterhebung. Besitzt der Muskel noch einen mässigen Grad von Empfänglichkeit, so verkürzt sich zuerst die gesammte Masse. Diese Zusammenziehung hört aber früher auf, als der Wulst seine grösste Höhe erreicht hat. So weit sich ohne genauere Versuche urtheilen lässt, scheint die Todtenstarre nicht wesentlich von der anderer warmblütiger Geschöpfe abzuweichen. Manche Muskeln sind noch Stunden lang weich und nachgiebig, nachdem sie alle Spur von neuromusculärer und von idiomusculärer Zusammenziehung verloren haben, ehe sie in Todtenstarre verfallen. Diese bleibt vielleicht in einzelnen Muskelstücken ganz aus.

Ich habe die Wadenmuskeln in fünf schlafenden Murmelthieren blossgelegt, um die Beschaffenheit des Muskelstromes am Galvanometer zu prüfen. Der eine Hülfsbausch kam an die natürliche Längfläche des Muskels und der zweite an die untere Sehnenmasse. Man erhält hier immer kleine Ausschläge. Eine entschiedene Abweichung im Sinne der positiven Beschaffenheit der Längsfläche zeigte sich in einem Thiere, das im Januar untersucht wurde. Die übrigen, die ich im März oder April vornahm, lieferten Bewegungen der Magnetnadel bald in diesem, bald in entgegengesetztem Sinne, jenes in einem und dieses in drei Fällen.

Ausgeschnittene Muskeln, die man vergleichungsweise mit natürlichem und mit künstlichem Querschnitt oder nach dem Eintauchen des Sehnenendes in Salzwasser prüft, lehren, dass auch hier der Muskelstrom weit beträchtlicher in den beiden letzten Fällen erscheint. Da man hier mit Muskeln von grossem Querschnitte, also verhältnissmässig geringem Leitungswiderstande arbeiten kann, so erhält man beträchtliche Ausschläge der Magnetnadel. Ein Stück aus dem parallelfase-

rigen Beuger des Unterschenkels von 2 bis 3 Centimetern Länge, 3 bis 4 Mm. Breite und 1 Mm. Dicke trieb die Nadel mit Heftigkeit an die Hemmung, wenn ich nur das halbe Galvanometer mit der Nebenschliessung [1]) gebrauchte. Diese Wirkung zeigte sich schon in Muskeln, die man dem lebenden erstarrten Thiere unmittelbar entnommen hatte.

Ein solches Beugemuskelpräparat kann auch zu dem Nachweise benutzt werden, dass diese Muskeln keinen Elektrotonus, wie die Nerven darbieten. Man nimmt die Muskelmassen ungefähr 3 Centimeter lang, überbrückt die befeuchteten Herzbeutelstücke, welche die in die schwefelsaure Zinklösung tauchenden Bäusche bedecken, mit dem unteren und die Platinbleche der stromzuführenden Vorrichtung mit dem oberen Abschnitte. Die Letztere leitet dann den centripetalen oder centrifugalen Strom zu, nachdem die in Folge des Muskelstromes abgelenkte Nadel auf einem von Null entfernten Grade stehen geblieben. Hütet man sich vor aller Täuschung durch Stromesschleifen, die hier um so leichter eintritt, je grösser der Querschnitt, und je näher die Bäusche den Platinblechen liegen, so findet man, dass der Durchgang des Stromes durch den erregten Abschnitt des Muskels keine Aenderung der Nadelstellung mittelst des abgeleiteten Bezirkes hervorruft.

Die gleiche Einrichtung kann auch dienen, die negative Stromesschwankung während der Muskelzusammenziehung nachzuweisen. Man erregt die obere Stelle mit schwachen Strömen des Magnetelektromotors. Der ganze Muskel zieht sich dann zusammen und die Nadel geht zurück, man mag Wechselströme anwenden oder die Leitungsdrähte bei der Benutzung einseitiger Schläge zuerst in einer und dann in der entgegengesetzten Richtung gebrauchen. Will man sich ausserdem noch überzeugen, dass man sich nicht durch Stromesschleifen täuschen liess, so durchschneidet man den Muskel zwischen den Platinblechen und den Bäuschen, legt die Enden zusammen und wiederholt die frühere Erregung. Die Nadel bleibt ruhig, wenn keine

[1]) Das Nähere über diese Einrichtung siehe in Henle und Pfeufer's Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. XI. 1861. S. 5. 6.

Stromesschleifen bis über die Durchschnittsstelle herabgehen und sie (oder die jetzt zusammengezogene obere Abtheilung) keine Veränderung des unteren Stückes herbeiführen. Ein Beispiel möge die Sache näher erläutern.

Das fünf Stunden nach dem Tode bereitete Beugemuskelpräparat lieferte 65° als ersten Ausschlag im Sinne des richtigen Muskelstromes bei dem Gebrauche des halben Galvanometers und der Nebenschliessung. Die Nadel ruhte bei 37°. Wurde nun das auf den Platinblechen liegende Muskelstück mit den schwachen Strömen des Magnetelektromotors erregt, so ging die Nadel um 8° zurück. Sie blieb dagegen durchaus ruhig, so wie man den Versuch nach der Durchschneidung des mehr als einen halben Centimeter langen Zwischenstückes und Zusammenlegen der Schnittflächen wiederholte.

Die sonst seltene Form der positiven statt der negativen Schwankung des Muskelstromes tritt, wie es scheint, als Regel an einzelnen Präparaten erstarrter Murmelthiere auf. Ein solches ward z. B. 4¼ Stunden nach dem Tode hergestellt. Ich legte die Längsfläche des Wadenmuskels auf den Herzbeutelüberzug des einen und das kurze Sehnenstück mit einer geringen Menge der benachbarten Muskelfasern auf den des zweiten Bausches. Der Hüftnerv kam auf die Platinbleche. Man gebrauchte das halbe Galvanometer mit der Nebenschliessung. Der richtige Muskelstrom trieb die Nadel an die Hemmung. Sie ruhte zuletzt bei 65°. Regte man nun den Hüftnerven mit dem Magnetelektromotor an, so sah man, wie sich die Wadenmuskelmasse zusammenzog. Die Nadel bewegte sich um 12° und zwar nicht rückwärts, sondern vorwärts. Wiederholte man die Erregung nach der Umkehrung der Zuleitungsdrähte, so hatte man wieder eine sichtliche Verkürzung des Muskels und eine positive, nicht aber eine negative Schwankung des Muskelstromes von 10°. Ein dritter Versuch mit abermaliger Umkehr der Leitungsdrähte gab 6° und ein vierter 11° in positivem und nicht in negativem Sinne.

Ich erhielt das Gleiche an einem losgelösten Hinterbeine eines anderen Murmelthieres 5 Stunden nach dem Tode. Die Empfänglichkeit des isolirten Hüftnerven war hier so abgeschwächt, dass doppelte Wirkungen statt des Zuckungsgesetzes des lebenden Nerven zum

Vorschein kamen. Die Hülfsbäusche berührten die Längsfläche des Wadenmuskels und die unteren Sehnen. Die Nadel ging an die Hemmung im Sinne des richtigen Muskelstromes, ruhte bei 61° und bewegte sich bis 86°, wenn sich die Muskeln in Folge der Reizung des Hüftnerven verkürzten.

Ein Präparat aus dem Vorderbeine desselben Thieres gab 28° bei Benutzung der natürlichen Längsfläche und der Sehnen der Zehenbeuger. Die Nadel ruhte bei 23°, schlug um 8° in positivem Sinne während der durch Nervenerregung erzeugten Muskelverkürzung aus, ruhte später bei 24° und bewegte sich wieder positiv um 5° bei einer neuen Zusammenziehung.

Haben auch die Muskeln ihre Reizbarkeit eingebüsst, so können sie doch ihren richtigen Muskelstrom bis zwei oder selbst drei Tage bewahren, wenn keine Todtenstarre eintritt. Es bestätigt sich also auch hier, dass eine grosse Kluft zwischen dem Aufhören der lebendigen Wirkungen und dem des richtigen Muskelstromes liegen kann. Der Eintritt der Todtenstarre kehrt diesen in der Regel, wo nicht immer um.

Die Wadenmuskeln zweier Murmelthiere, deren Hüft- und Schenkelnerven 1 bis $2^1/_4$ Monate vorher durchschnitten worden [1]), lieferten nach dem Tode den richtigen Muskelstrom für den künstlichen Querschnitt.

So lange die rothen, quergestreiften Muskeln ihre Empfänglichkeit bewahren, so sehr fiel mir das Gegentheil an den einfachen Muskelmassen auf. Oeffnete ich den Unterleib erstarrter Murmelthiere — ein Eingriff, der höchstens durch etwas lebhaftere Athmung, nicht aber durch starke Gegenbewegungen, andere Zeichen des Unbehagens oder gar durch Erwachen beantwortet wird, — so bemerkte ich keine Wurmbewegung des Magens oder eines Darmtheiles. Stach ich die mit den Leitungsdrähten des Magnetelektromotors verbundenen Nadeln in die Gegend des Halsmarkes oder des obern Theiles des Dorsalmarkes, so zogen sich die Extremitäten lebhaft zusammen, die Unterleibseingeweide dagegen blieben ruhig. Das Letztere wiederholte sich nach der Reizung des Brusttheiles des Sympathicus und der *N. N. splanchnici.*

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. V. 1859. S. 270. 272.

Berührte ich die Oberfläche des Dünndarmes oder des Netzes eines vor einer halben Stunde getödteten Murmelthieres mit den Drähten des stark geladenen Magnetelektromotors, so zuckten die Hinterbeine mit Lebhaftigkeit. Der Magen, der Dünn- und der Dickdarm, so wie die strotzend gefüllte Harnblase dagegen zeigten auch nicht eine Spur von Bewegung. Ich konnte eine halbe oder 4 Stunden nach dem Tode keine örtlichen Zusammenziehungen im Darme durch Kneipen desselben und keine Veränderung des mässig erweiterten Sehloches durch elektrische Erregung des Halstheiles des sympathischen Nerven hervorrufen. Das Zwerchfell dagegen stieg links beträchtlich gegen die Bauchhöhle hinab, wenn ich den linken Zwerchfellnerven angesprochen hatte.

Brachte ich einen cylindrischen Theil des Dünndarmrohres mit dem Galvanometer in Verbindung, so verhielt es sich, wie ein quergestreiftes Muskelstück. Der Strom ging von der Längsfläche in das Galvanometer und kehrt im Präparate von dem Querschnitte desselben nach der Längsfläche zurück.

Was den Nervenstrom betrifft, so will ich zuerst einen Theil der Versuche, die ich in dieser Hinsicht anstellte, tabellarisch verzeichnen und hierauf die aus ihnen sich ergebenden Schlüsse zu ziehen suchen. Ich bediene mich dabei derselben Zeichensprache, die ich zur Erläuterung der Verhältnisse durchschnittener Froschnerven benutzte und muss daher auf die dort gegebene Erklärung verweisen[1]). Die astatische Nadel des Galvanometers brauchte 42 bis 55 Secunden für eine Doppelschwingung. Die drei ersten Versuchsreihen wurden noch mit Zuleitungsgefässen angestellt, die mit Kochsalzlösung gefüllt waren, die übrigen dagegen mit solchen, die eine Lösung von Zinkvitriol enthielten.

---

[1]) Siehe Henle und Pfeufer's Zeitschrift a. a. O. S. 10—12.

Versuchs-Nr.	Zeit nach dem Tode.	Theil.	Nervenstrom.	Bemerkungen.
		I. Murmelthier von 0,8 Kilogr. Körpergewicht.		
1.		Hüftnerv.	R. N. 8° n. S. 2°. Einige Minuten später R. N. 20° n. S. 4°. Mehrere Minuten darauf R. N. 35° n. S. 5° bis 6°.	Ein oberes Nervenstück unmittelbar, nachdem es aus dem erstarrten Thiere ausgeschnitten worden. Im Januar.
2.	Ungefähr Ein Tag.	Rechter Zwerchfellnerv.	R. N. 28° n. S. 4°.	Im März gestorben.
3.	Ein bis zwei Tage.	Gangliöse Wurzel eines obern Lendennerven.	R. N. 10°.	Längsfläche des Nerven und Querschnitt des Nervenknotens angelegt.
4.	Desgl.	N. tarseus dorsalis des gelähmten Fusses.	R. N. 18°.	
5.	Zwei bis drei Tage.	N. peroneus der gesunden Seite.	R. N. 15°.	
6.	Desgl.	Der gleiche Nerv der kranken Seite.	R. N. 8°.	
7.	Drei bis vier Tage.	Gesunder Hüftnerv.	R. N. 50°.	
8.	Desgl.	Ast des kranken Hüftnerven.	R. N. 8° bis 10°.	
		II. Murmelthier von 1,2 Kilogramm Körpergewicht. In der zweiten Hälfte des Aprils untersucht.		
9.	Drei Tage nach dem Tode.	Rechter Hüftnerv.	U. N. 35°. Ruhe 18°.	
10.	Desgl.	Linker Hüftnerv.	R. N. 85°. Ruhe 34°.	
11.	Desgl.	Linker herumschweifender Nerv.	R. N. 45°. Ruhe 25°.	

Versuchs-Nr.	Zeit nach dem Tode.	Theil.	Nervenstrom.	Bemerkungen.
12.	Fünf Tage nach dem Tode.	Ast des linken Schenkelnerven.	R. N. 35°. Ruhe 28°. Umgekehrt aufgelegt. R. N. 35°.	
13.	Desgl.	Anderer Ast des Schenkelnerven.	U. N. 9°.	Vorher in kaltem Wasser abgewaschen.

III. Murmelthier von 0,6 Kilogramm Körpergewicht Ende März untersucht.

14.	Drei Tage.	Linker Hüftnerv.	R. N. 20°. U. Et. p. Ph. 4°. n. Ph. 8°. Nach der Durchschneidung des Nerven zwischen den Platinblechen und den Bäuschen keine Spur von Nadelbewegung im Sinne des Elektrotonus.	

IV. Murmelthier von $1^3/_5$ Kilogr. Im März untersucht.

15.	24 Stunden nach dem Tode und mehr als 8 Stunden nach dem Schwinden aller Reizbarkeit der Muskeln.	Linker Hüftnerv.	R. N. an die Hemmung. Ruhe 70°. n. S. 15°. R. Et. n. Ph. 22°. p. Ph. 20°.	
16.	48 Stunden.	Dasselbe Nervenstück mit dem alten Querschnitte.	R. N. 55°. Ruhe 27°. R. Et. n. Ph. 8°. p. Ph. 2°. n. S. nicht deutlich. — Umgelegt. R. N. 48°. Ruhe 38°. R. Et. n. Ph. 10°. p. Ph. 11°. n. S. nicht kenntlich. — Nach der Anfertigung eines neuen Querschnittes R. N. 38°. Ruhe 20°. n. S. nicht deutlich. R. Et. p. Ph. 8°. n. Ph.	Der Nerv lag von 24 bis 48 Stunden zwischen den Muskeln der entsprechenden Seite des Oberschenkels eingebettet.

Versuchs-Nr.	Zeit nach dem Tode.	Theil.	Nervenstrom.	Bemerkungen.
			11°. Der Nerv zwischen den Platinblechen und den Bäuschen durchschnitten und zusammengelegt. Keine Spur von Nadelbewegung im Sinne des Elektrotonus.	
17.	48½ Stunden.	Frisch herausgeschnittener Ast des Armgeflechtes.	U. N. 85°. Ruhe 52°. U. Et. n. Ph. 30°. p. Ph. 20°. n. S. 4° und bei Wiederholung 7°.	
18.	66½ Stunden.	Rechter Hüftnerv.	U. N. 48°. Ruhe 17°. U. Et. p. Ph. 4°. n. Ph. 4°. n. S. nicht deutlich. — Umgelegt. U. N. 22°. Ruhe 16°. n. S. nicht kenntlich. U. Et. p. Ph. 6°. n. Ph. 4°.	
19.	90 Stunden.	Frisch ausgeschnittener Ast des Armgeflechtes.	U. N. an die Hemmung. Ruhe 69°. U. Et. p. Ph. 20°. n. Ph. 22°. n. S. nicht kenntlich. Bei Wiederholung U. Et. p. Ph. 20°. n. Ph. 26°. — Nach Durchschneidung und Zusammenlegung des Nerven keine Nadelbewegung.	Das Mark der Nervenfasern war meistentheils im Umkreise schwach geronnen und zeigte sich hier stark doppelbrechend. Stellenweise war gar keine Gerinnung kenntlich.
20.	114 Stunden.	Frisch ausgeschnittener rechter Armnerv.	U. N. 6°. Keine Spur von Et. oder n. S.	
21.	142 Stunden.	Frisch auspräparirter linker Armnerv.	U. N. an die Hemmung. Ruhe 49°. Keine Spur von Et. oder n. S.	

V. Murmelthier von 1½ Kilogr. Körpergewicht. Untersuchung Ende März.

22.		Linker Hüftnerv.	R. N. an die Hemmung. Ruhe 66°. R. Et. p. Ph. 10°. n. Ph. 16°. n. S. 10°.	Nach einer blutigen Operation aus dem noch schlafenden Thiere herausge-

Versuchs-Nr.	Zeit nach dem Tode.	Theil.	Nervenstrom.	Bemerkungen.
				schnitten und zugleich am Galvanometer geprüft.
23.	$4^1/_2$ Stunden nach dem Tode.	Grenzstrang des rechten Lendensympathicus.	R. N. 26^0. Ruhe 13^0.	
24.	$4^3/_4$ Stunden.	Frisch blossgelegter und ausgeschnittener unterer Dorsaltheil des Rückenmarkes.	H. G. und N. R N. 54^0. Ruhe 30^0. R. Et. p. Ph. 3^0. n. Ph. 3^0. H. G. ohne N. R. N. an die Hemmung. Ruhe 68^0. R. Et. n. Ph. 8^0. p. Ph. 10^0. n. S. 3^0 bis 4^0.	Mit Längsfläche und unterem Querschnitt aufgelegt.
25.	$23^1/_2$ Stunden.	Rechter Hüftnerv, einen Tag vorher herausgeschnitten und in der Bauchhöhle aufbewahrt.	R. N. 28^0. Ruhe 23^0. Et. und n. S. nicht deutlich.	
26.	$23^3/_4$ Stunden.	Linker Zwerchfellnerv.	U. N. 33^0. Ruhe 21^0. U. Et. n. Ph. 5^0. p. Ph. 3^0 bis 4^0. n. S. 3^0. Dann bei Wiederholung U. Et. n. Ph. 4^0. p. Ph. 3^0 bis 4^0.	
27.	$24^1/_2$ Stunden.	Das unter Nr. 24 angeführte Rückenmarkstück, das indessen in der Bekkenhöhle gelegen hatte.	U. N. 40^0. Ruhe 22^0. U. Et. n. Ph. mehr als 30^0. p. Ph. mehr als 30^0. n. S. 3^0 bis 4^0. — Mit neu angelegtem Querschnitte. U. N. an die Hemmung. Ruhe 44^0. n. S. 3^0. U. Et. n. Ph. 21^0. p. Ph. 23^0. — Das Rückenmark zwischen den Platinblechen und den Bäuschen durchschnitten und genau zusammengelegt. Nadelbewegung im elektrotonischen Sinne höchstens 2^0 bis 4^0. Also keine kräftiger wirkenden Stromesschleifen.	Mit Längsfläche und dem früheren Querschnitte.

Versuchs-Nro.	Zeit nach dem Tode.	Theil.	Nervenstrom.	Bemerkungen.
28.	24 3/4 Stunden.	Ein frisch blossgelegter Ast des hier hoch oben beginnenden Pferdeschweifes.	U. N. 72°. Ruhe 35°. U. Et. n. Ph. 4°. n. S. 2° bis 3°.	
29.	Unmittelbar darauf.	Frisch ausgeschnittenes Stück des Dorsalmarkes.	U. N. 55°. Ruhe 34°. n. S. 4°.	
30.	Desgl.	Linker herumschweifender Nerv.	U. N. 31°. Ruhe 22°. U. Et. n. Ph. 5°. p. Ph. 6°. n. S. 3°.	War früher über 1/4 Stunde mit einer Strychninlösung in Berührung gewesen.
31.	Desgl.	Der aus dem lebenden Thiere ausgeschnittene, indessen zwischen den Oberschenkelmuskeln aufbewahrte Hüftnerv.	U. N. 66°. Ruhe 38°. U. Et. n. Ph. 22°. p. Ph. 16°. n. S. 5°.	Mit neuem Querschnitt.
32.	Desgl.	Frisch ausgeschnittener Ast des Achselgeflechtes.	U. N. an die Hemmung. Ruhe 39°. U. Et. n. Ph. 30°. p. Ph. 25°. p. und nicht n. S. 9°. und nach Umkehr der Elektroden p. S. und nicht n. S. 8°. Nach der Durchschneidung des Nerven zwischen den Platinblechen und den Bäuschen und Zusammenlegung der Querschnittsflächen keine Spur von Nadelbewegung.	
33.	53 Stunden.	Ast des Achselgeflechtes.	U. N. 35°. Ruhe 22°. Keine n. S. U. Et. p. Ph. 7°. n. Ph. 12°.	
34.	Um dieselbe Zeit.	Frisch blossgelegter Armnerv der linken Seite.	U. N. 58°. Ruhe 32°. U. Et. n. Ph. 23°. p. Ph. 28°. Keine Spur von n. S. — Nach der Durchschneidung des Nerven zwischen den Platinblechen und den Bäu-	

Versuchs-Nr.	Zeit nach dem Tode.	Theil.	Nervenstrom.	Bemerkungen.
			schen und Zusammenlegung der Schnittfläche keine Spur von Nadelbewegung im Sinne des Elektrotonus.	
35.	77½ Stunden.	Frisch ausgeschnittener Ast des Armgeflechtes.	R. N. 46°. Umgelegt R. N. an die Hemmung. Ruhe 72°. Keine Spur von Elektrotonus oder negativer Schwankung. — Umgelegt R. N. 52°. Ruhe 32°. Umgelegt R. N. 70°. Ruhe 36°. Keine Spur von Et. oder n. S.	
VI. Murmelthier von 1½ Kilogr. Körpergewicht. In der ersten Hälfte des Aprils untersucht.				
36.	5 Stunden.	Hüftnerv, der schon seit mehr als einer halben Stunde auf den Muskeln des Hinterbeines an der Luft gelegen hatte, jedoch nicht eingetrocknet war.	R. N. an die Hemmung. Ruhe 59°. n. S. 6°.	
37.	6½ Stunden.	Frisch aus dem Innern der Muskelmasse herausgeschnittener Unterschenkelast des Hüftnerven.	R. N. 50°. Ruhe 24°. R. Et. p. Ph. mehr als 20°. n. Ph. mehr als 20°. n. S. 8°.	
38.	23 Stunden.	Rechter Zwerchfellnerv.	R. N. 48°. Ruhe 25°. R. Et. p. Ph. 3°. n. Ph. 3°. Keine n. S.	Hat die kalte Nacht über frei in der geöffneten Brusthöhle gelegen.
39.	23¼ Stunden.	Frisch blossgelegter Ast des Achselgeflechtes.	U. N. 36°. Ruhe 27°. U. Et. n. Ph. 8°. p. Ph. 15°. positive und nicht negative Stromesschwankung 6°. ebenso nach möglichster Abschwächung des Magnetelektromotors positive Schwankung 4°.	

Versuchs-Nr.	Zeit nach dem Tode.	Theil.	Nervenstrom.	Bemerkungen.
40.	23½ Stunden.	Der benachbarte Ast desselben Achselgeflechtes.	R. N. 42°. Ruhe 27°. R. Et. p. Ph. 6°. n. Ph. 7°. n. S. nicht bemerkbar.	

Ich machte noch einige Beobachtungen, die als Gegenstücke einzelner von du Bois [1]) am Frosche angestellter Versuche betrachtet werden können.

Nachdem ich eine zwiefache Ligatur um die Luftröhre des im vorigen Paragraphen erwähnten Murmelthieres geschnürt hatte, legte ich den linken Hüftnerven bloss, durchschnitt ihn in seinem untersten Theile, brückte den bis zur Hüfte gesonderten Nerven über zwei wechselseitig abstehende kleine und hohe viereckige Gläschen, die selbst auf einem grösseren Glase ruhten, und verband den einen membranösen Hülfsbausch mit der Längsfläche des frei schwebenden Theiles des Hüftnerven und den anderen mit dem Querschnitte. Die Galvanometernadel zeigte jetzt den entsprechenden Nervenstrom nach dem Schlusse der Zwischenvorrichtung an. War sie zur Ruhe gekommen, so drückte ich den rechten Fuss und zwar immer, wo möglich, an einer anderen Stelle in jeder neuen Prüfung zusammen. Ein Athemzug folgte immer bald darauf. So wie dieser beendigt war oder am Schlusse desselben begann die Nadel zurückzuweichen und ging wieder später genau oder annähernd zu ihrem früheren Standpunkte nach den gewöhnlichen Zwischenschwankungen, zum Beweise, dass der Nerv durch den Versuch nicht merklich verrückt worden. Der Zeitunterschied zwischen der Reizung und dem Beginne der negativen Schwankung betrug immer mehrere Secunden.

Die einzelnen Beobachtungen waren:

10 U. 5 M. Die Luftröhre doppelt unterbunden.

10 U. 19 M. Das unterste Stück des linken Hüftnerven durch-

[1]) E. du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. II. Abth. I. Berlin 1849. 8. S. 510—512. 520. 521.

schnitten. Der Unterschenkel und der Fuss bewegen sich lebhaft im Augenblicke der Trennung.

a) 10 U. 27 M. Der Kreis geschlossen. R. N. 9°. Ruhe 7°. Der rechte Fuss gedrückt. Die Nadel weicht bis 4° zurück.

b) 10 U. 37 M. Neu angelegt. U. N. 12°. Ruhe 8° bis 9°. Druck auf den Fuss. Rückgang um 3° im Sinne des umgekehrten Stromes.

c) Neue trockene Gläser. Anlage eines neuen Querschnittes unmittelbar vorher. R. N. 35°. Ruhe 28°. Drücken des Fusses. Rückgang um 4°. Spätere Ruhe 27°. Abermaliges Drücken. Rückgang um 3°. Nachfolgende Ruhe bei 16°. Druck und Rückgang um 2°. Ruhe 17°. Druck und Rückgang 2°.

Man sieht, dass der Versuch c der gelungenste von Allen war. So sehr mich der umgekehrte Strom in b befremdete, so konnte ich doch keinen Fehler in der Anordnung entdecken. Dem sei nun, wie ihm wolle, so folgt aus diesen Erfahrungen, dass die Nadel des Galvanometers die Reflexantwort statt des Muskels nach sensiblen Erregungen geben kann. Da die Athembewegung der Nadelbewegung voranging, so ergiebt sich, dass die reflectorische Verkürzung der Einathmungsmuskeln früher zu Stande kam, als die Molecularveränderung, welche sich in dem geprüften Abschnitte des Hüftnerven durch das Galvanometer verrieth. Hier sind zweierlei Möglichkeiten denkbar. Die Reflexerregung pflanzt sich durch das verlängerte Mark auf die Athemnerven und die Erregung von diesen auf die Athemmuskeln rascher fort, als von dem Nerven des einen Beines zu dem des anderen durch das Rückenmark, oder die Misshandlung des linken Hüftnerven verlangsamte den Gang der Molecularveränderung in ihm in dem Grade, dass der Zeitunterschied auf diesem Wege zu Stande kam. Sollte das Letztere, wie weniger wahrscheinlich ist, dem Ganzen zum Grunde gelegen haben, so hätte die Nervenerregung mit einer merkwürdigen Langsamkeit fortschreiten müssen.

Ich nahm das rechte Vorderbein, das kurz nach dem Tode des Thieres mit den Nerven des Achselgeflechtes losgeschnitten worden, nicht ganz $2^1/_2$ Stunden später wiederum vor. Nachdem ich einen kleinen Einschnitt durch die Lederhaut des Fusses an einer zugäng-

lichen Stelle gemacht hatte, brachte ich den frischen Querschnitt und die Längsfläche des dicksten Stammes des Armgeflechtes mit dem Galvanometer in Verbindung, wartete die Ruhe der Magnetnadel ab und benetzte hierauf die Einschnittstelle mit Vitriolöl. Die Nadel blieb in zwei Fällen ruhig, gab aber eine merkliche negative Schwankung in einem dritten, bei dem ein sehr tiefer und langer Schnitt in dem hinteren Theil der Fusssohle benutzt worden war. Ich legte hierauf einen neuen Querschnitt in dem Nerven an. Dieser zeigte dann einen umgekehrten statt des früheren richtigen Stromes. Ich untersuchte daher die Richtigkeit der Anordnung und die vollständige Isolirung von Neuem, ohne dass ich einen Fehler bemerken konnte. Nun goss ich eine grössere Menge kochenden Wassers über den Fuss in ein untergesetztes Gefäss. Die Nadel wich kurz nachdem das Verbrühen begonnen hatte, bedeutend zurück und lieferte so eine negative Schwankung des umgekehrten Stromes. Die kleinste Entfernung des obersten Randes der verbrühten Stelle und des benachbartesten Punktes der mit dem Galvanometer verbundenen Stelle betrug 7 Centimeter und die in diesem Zwischenraume befindlichen Muskeln blieben ruhig. Der Nervenstamm und die Muskelmassen des Vorderarmes hatten ihre Reizbarkeit beibehalten.

Der gelungene Doppelversuch gab im Einzelnen:

d) 2 U. 0 M. Ast des Achselgeflechtes mit natürlicher Längsfläche und frischem Querschnitt. R. N. 54°. Ruhe 39°. Schwefelsäure in die bis in das Unterhautzellgewebe des Fusses reichende Wunde mit einem Glasstabe eingeführt. Die Nadel geht um 4° zurück.

e) 2 U. 20 M. Neu angelegter Querschnitt desselben Nerven. U. N. an die Hemmung. Ruhe 59°. Der ganze Fuss mit Wasser verbrüht. Die Nadel weicht von 59° zu 46° zurück und kommt später nach dem Aufhören ihrer Pendelschwankungen auf 58° bis 59° zur Ruhe. Der Fuss wird noch zwei Mal mit heissem Wasser begossen, ohne dass eine Spur von Nadelbewegung entsteht.

2 U. 30 M. Reizt man den am Galvanometer geprüften Nerven mit dem Magnetelektromotor, so ziehen sich noch die Vorderarmmuskeln nachdrücklich zusammen.

Diese Beobachtungen lehren:

1. Dass Nerven, die man aus den erstarrten Murmelthieren schneidet, den richtigen Nervenstrom mit richtigem Elektrotonus und negative Schwankung angeben. (Versuch No. 1. 22. a. und c.)

2. Hatte man den lebenden Nerven unmittelbar oder mittelbar misshandelt, indem man sein mit den Centraltheilen verbundenes Stück ungefähr 10 Minuten mit den Hülfsbäuschen in Berührung liess (Versuch b.) oder Fusswunden drei Mal mit Vitriolöl benetzte (c.), so zeigte sich ein umgekehrter Strom mit einer seiner Richtung entsprechenden negativen Schwankung. Die Verbindungen und Isolirungen waren, so weit man es übersehen konnte, richtig. Der Gebrauch von Zinklösung liess keine Störungen durch Polarisation aufkommen. Diese verrieth sich auch noch nicht bei dem Schluss ohne die thierischen Theile. Nerven endlich, die bald darauf mit der gleichen Vorrichtung geprüft wurden, gaben den richtigen Strom. Es liegt unter diesen Verhältnissen kein Grund vor, eine Täuschung vorauszusetzen. Vergleicht man aber die Versuche b und c, so stösst man auf die eigenthümliche Erscheinung, dass ein neuer Querschnitt nicht bloss den richtigen Nervenstrom, sondern auch die ihm entsprechende negative Schwankung herstellte.

3. Der mit dem Rückenmarke zusammenhängende Hüftnerv kann die reflectorisch erzeugte Molecularveränderung, die sonst wahrscheinlich eine Reflexbewegung bei gehöriger Stärke hervorgerufen hätte, durch die negative Schwankung der Galvanometernadel und zwar je nach der Beschaffenheit des Nervenstromes im Sinne des richtigen (Versuche a und c.) oder des umgekehrten Stromes (b.) angeben. Diese Veränderung trat aber erst verhältnissmässig lange Zeit nach der Empfindungserregung durch Druck des Fusses ein und folgte der begonnenen und grösstentheils oder gänzlich beendigten Einathmung nach. Die Letztere konnte nicht belebend wirken, wenn die Luftröhre des Thieres doppelt unterbunden war.

4. Die negative Schwankung der Empfindungsnerven liess sich an den Nerven des Armgeflechtes ebenfalls nachweisen. Sie entsprach wiederum hier dem ursprünglichen Nervenstrome (Versuche d und e), dieser mochte richtig oder umgekehrt sein. Das Verbrühen mit Wasser

liess die Nadel in einem auffallend grossen Bogen zurückweichen. Die nachfolgende Rückkehr derselben zur früheren bleibenden Stellung und die spätere erfolglose Anwendung des heissen Wassers auf die veränderten Stellen des Fusses zeigen, dass keine Täuschung bei der ersten Beobachtung Statt gefunden hatte.

5. Der richtige Nervenstrom mit dem Elektrotonus und der negativen Schwankung in seinem Sinne kann weit länger, als die Reizbarkeit der Muskeln anhalten. Er wurde zwischen einem und fünf Tagen nach dem Tode angetroffen. Die negative Schwankung schwindet auch hier eher, als der Elektrotonus. Der richtige Strom mit dem ihm entsprechenden Elektrotonus, der sich 24 Stunden nach dem Tode gezeigt hatte, konnte noch mit diesen Bewegungserscheinungen 24 Stunden länger durch Aufbewahrung zwischen den Oberschenkelmuskeln erhalten werden (15. 16).

6. Eine Zeit, in welcher der Nerv den umgekehrten Strom mit Elektrotonus und negativer Schwankung im Sinne dieses Stromes darbietet, folgt auf die erste Periode des richtigen Nervenstromes. Diese zweite Wirkungsweise kann ebenfalls Tage lang anhalten. Die negative Schwankung verliert sich auch hier früher, als der Elektrotonus.

7. Die in Fäulnisszersetzung begriffenen Nerven bieten nur sehr selten den Fall dar, dass der Elektrotonus der Richtung des ursprünglichen Nervenstromes nicht entspricht, sondern umgekehrt wie dieser ausfällt (14.) oder dass sich eine positive statt einer negativen Schwankung vorfindet (39.) Man begegnet aber häufiger einer Stufe, in der sich die elektrotonischen Wirkungen durch die beträchtliche Grösse der Ausschläge auszeichnen — eine Erscheinung, welche auch die in molecularem Umsatze begriffenen lebenden Froschnerven darbieten.

8. Der richtige und der umgekehrte Strom können in zwei eben blossgelegten Nervenstämmen des gleichen Achselgeflechtes auftreten (39. 40.) Man würde überhaupt irren, wenn nach dem, was uns als günstige oder ungünstige äussere Nebenbedingung erscheint, bestimmen wollte, ob ein richtiger oder ein umgekehrter Nervenstrom vorhanden sein wird. Ein Zwerchfellnerv z. B., der die Nacht über in der geöffneten Brusthöhle frei gelegen hatte, gab einen richtigen Strom (38.) und der von allen Muskeln in seiner natürlichen Lage

umgebene Ast des Achselgeflechtes desselben Geschöpfes einen umgekehrten Strom (39.) Der Erstere zeigte sich in dem den Tag vorher ausgeschnittenen Hüftnerven (16.) und der Letztere in dem frisch herauspräparirten Aste des Armgeflechtes (17.) Erwägt man den oben erwähnten Einfluss des Querschnittes auf die Wirkungen des lebenden Nerven, so lässt sich vermuthen, dass bisweilen der Unterschied mit der Beschaffenheit der Querschnittsfläche oder der Umgebung derselben innig zusammenhängt — ein Einfluss, der sich nicht bloss für den ruhenden Nervenstrom, sondern auch für die Bewegungserscheinungen geltend macht. Da es bisweilen vorkommt, dass ein oberer Abschnitt des gleichen Nervenstammes einen richtigen und ein unterer einen umgekehrten Strom anzeigt oder sich das Gleiche wiederholt, wenn man mehrere immer neu angefertigte Querschnitte eines und desselben Bruchstückes nach einander prüft, so lässt sich schliessen, dass die Molecularveränderung, durch welche der richtige Strom in den umgekehrten übergeht, stellenweise erfolgt. Denkt man sich den Fall, dass die Nachbarschaft des Querschnittes allein den umgekehrten und die des berührten Bezirkes der Längsfläche den richtigen Strom geben würde, so verräth die Galvanometernadel nur die Resultante beider entgegenstehenden Wirkungen. Die auffallend geringen Ausschläge, die man bisweilen z. B. an den Versuchen a. und b. erhielt, lassen sich vielleicht auf diese Art erklären. Denn die Anlagerung an die Hülfsbäusche war in diesen beiden Fällen, so weit es sich beurtheilen lässt, eben so vollständig, als in dem Versuche c., der eine weit beträchtlichere Ablenkung darbot.

9. Der Grenzstrang des sympathischen Nerven und die in ihm enthaltenen Ganglien können ihre richtige Stromeswirkung Stunden und Tage lang bewahren (3. 23.) Der Querschnitt des Nervenknotens verhielt sich dabei, wie der eines Nervenstammes.

10. Der über eine Viertelstunde in Strychninlösung gebadete herumschweifende Nerv zeigte einen Tag nach dem Tode einen umgekehrten Strom, wie andere Nerven desselben Thieres, einen dieser Stromesrichtung entsprechenden Elektrotonus und die negative Schwankung (30.) Die örtliche Einwirkung des Strychnins hatte also eben so wenig, als die allgemeine Vergiftung, den Grundcharakter der elektromotorischen Wirksamkeit geändert.

11. Ein Ast des Armgeflechtes, der einen starken umgekehrten Strom mit kräftigem Elektrotonus beinahe 4 Tage nach dem Tode lieferte, enthielt Nervenfasern, deren Mark höchstens im Umkreise schwach geronnen war. Die grossen Zeiträume, welche der Nervenstrom nach dem Tode anhält, scheinen mit der langsamen Zersetzung des Nervenmarkes zusammenzuhängen. Die Muskeln erleiden weit eher durchgreifende Molecularveränderungen. Man hat hier vier Perioden. Die erste ist die der Reizbarkeit mit richtigem Muskelstrome und häufig mit einer positiven statt einer negativen Schwankung während der Zusammenziehung. Die zweite giebt keine Verkürzung mehr durch die Wirkung der stärksten Schläge des Magnetelektromotors auf die Nerven oder die Muskelmasse und später auch keine idiomusculäre Zusammenziehung. Die Muskeln sind biegsam und frisch blossgelegt, scheinbar unverändert. Sie liefern einen richtigen Muskelstrom, der auf diese Art Stunden und selbst mehr als einen Tag lang anhalten kann, nachdem keine Spur der lebendigen Wirkungen mit den uns zu Gebote stehenden Hülfsmitteln zum Vorschein gebracht worden. Der dritte Zeitraum ist der der Todtenstarre mit umgekehrtem Muskelstrome. Der vierte bietet wieder einen richtigen Strom, jedoch nur in Einzelfällen dar. Die Muskeln lassen sich dann von Neuem mit Leichtigkeit dehnen.

12. Der Längs- und der Querschnitt des Rückenmarkes verhielten sich ähnlich, wie die gleichen Flächen des Nerven, nur dass die verhältnissmässig breite Masse kräftigere Ausschläge lieferte. Der unterste Rückentheil gab einen richtigen Nervenstrom $4^3/_4$ Stunden nach dem Tode (24.) und einen umgekehrten beinahe 20 Stunden später (27.) Der Elektrotonus und die negative Schwankung traten im Sinne des ursprünglichen Stromes in beiden Fällen auf. Die vergleichende Untersuchung lehrte übrigens, dass ein Stück des Rückenmarkes und ein solches des hier hoch oben beginnenden Pferdeschweifes, die in ihrer natürlichen Lage in der Zwischenzeit geblieben waren (28. 29.), die umgekehrte Stromesrichtung ebenfalls darboten.

V.

Ueber das Chiasma nervorum opticorum des Menschen und der Thiere.

Von

Alfred von Biesiadecki [1]).

(Mit 1 Tafel.)

Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.

Die ältesten zwei Ansichten, erstens, dass im Chiasma die Fasern des *Nervus opticus* sich vollständig kreuzen [2]), und zweitens, dass sie sich nur an einander legen [3]) und ohne Kreuzung verflechten, machten in neuerer Zeit einer dritten Platz, die eine unvollständige Kreuzung der Fasern annimmt.

Joh. Müller [4]), indem er eine anatomische Begründung für die Lehre von den identischen Stellen der Netzhäute suchte, nahm an, dass beim Menschen und denjenigen Thieren, deren Horopteren sich theilweise decken, die äusseren Fasern des *Tractus opticus* zum Nerven desselben Auges, und die inneren zum Nerven des entgegengesetzten Auges übergehen, wobei er auch commissurenartig verlau-

---

[1]) Aus dem XLII. Bande der Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften vom Hrn. Verfasser mitgetheilt.

[2]) Diese Ansicht bestand schon vor Galen, auch nahmen sie Sömmerring, Ebel, Nöthig und Andere an.

[3]) Galen, Vesal, Santorini, Monro und And.

[4]) Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen und der Thiere etc. Leipzig 1826. pag. 83.

fende Fasern zwischen den peripherischen und centralen Ursprüngen der Nerven beobachtet zu haben glaubte.

Diese Ansicht wurde mit sehr geringen Abweichungen über die Zahl der einen oder der andern Fasern beim Menschen übereinstimmend angenommen von Todd-Bowmann [1]), Arnold [2]) u. A. bis auf Hannover [3]), der zu diesen drei Arten von Fasern eine vierte hinzufügte, Fasern, die von der *substantia perforata antica major* auf das Chiasma und auf die Nerven sich erstrecken.

Ich unternahm unter Anleitung meines hochverehrten Lehrers Prof. Brücke die Untersuchung desselben Gegenstandes und suchte, die Schwierigkeit derselben einsehend, sie durch Vergleichung mit Thieren, namentlich solchen, die mit beiden Augen Gegenstände fixiren, zu erleichtern.

Ich ging zu diesem Zwecke auf dreierlei Wegen vor.

Erstens: Ich machte Schnitte von in Chromsäure gehärteten Präparaten und untersuchte sie mikroskopisch.

Zweitens: Ich zerzupfte die in Chromsäure gehärteten und in concentrirte Kalilösung hineingelegten Chiasmen, wobei das zwischen die einzelnen Nervenbündel sich hineinschiebende Bindegewebe theils mehr durchsichtig wurde als die Nervenfasern, so dass man im Sonnenlichte den Verlauf der Fasern verfolgen, theils sich vollständig auflöste, so dass man mit Leichtigkeit die Nervenbündel abheben konnte.

Drittens: Ich untersuchte die Chiasmen von auf einem Auge blinden Menschen und Thieren.

Chiasma der Fische.

Ich beginne mit der Untersuchung der Fische, als derjenigen Klasse der Wirbelthiere, bei deren grösserer Zahl, nämlich den Grätenfischen, das Chiasma aus einer gekreuzten Uebereinanderlagerung der Nerven besteht.

---

[1]) *The physiological Anatomy and Physiology of man.* London 1859. V. II. pag. 37.

[2]) Anatomie.

[3]) Das Auge. Beiträge zur Anatomie, Physiologie und Pathologie dieses Organes. Leipzig 1852, pag. 2.

Nach den Angaben von Carus [1]), Joh. Müller [2]) und Hannover [3]) soll aber die Kreuzung und die Vereinigung der Nerven bei den Fischen von einander geschieden sein, indem die Wurzeln vor ihrem Austritte aus dem Gehirne sich durch ziemlich starke Commissuren vereinigen.

So nach Hannover beim Hechte, Dorsche und Schollen.

Zugleich soll der Nerv sowohl der Gräten- als Knorpelfische nicht mehr aus einzelnen Nervenfasern bestehen, sondern aus einer continuirlichen Membran, die in viele Falten gelegt ist, in welche überall die weiche Hirnhaut eingeht, während die harte Hirnhaut sämmtliche Falten zu einem cylindrischen Sehnerven vereinigt [4]).

Ich untersuchte das Chiasma des *Esox lucius*, *Cyprinus carpio*, *leuciscus*, *Salmo salar*, *Salmo fario* und *lucioperca*.

Beim *Esox lucius* entspringen beide Nerven durch einen Gehirnvorsprung von einander getrennt, vor welchem zwei weisse bogenförmige Stränge, die Hannover beschrieben und abgezeichnet hat, die Wurzeln zu vereinigen scheinen.

Zieht man jedoch diesen Gehirnvorsprung von seiner Unterlage zurück, so geht der hintere grössere Bogen mit demselben mit, und der vordere wird so weit abgezogen, dass man mit Leichtigkeit sieht, wie derselbe an der Stelle, wo er an die Wurzeln angrenzt, auch endigt und so mit den Sehnerven gar keine Verbindung hat.

Beim *Cyprinus carpio* entspringen beide Sehnerven unmittelbar neben einander, der rechte Nerv legt sich über den linken. Die Nerven sind sehr lang, bis über die Kreuzung deutlich gefurcht, nach der Kreuzung vom dicken Neurilemma umgeben, bilden sie einen rundlichen Strang. Der Ursprung der Nerven aus dem Gehirne ist durch einen Gehirnvorsprung verdeckt, nach dessen Abziehen man die unmittelbar neben einander liegenden Sehnerven sich im Gehirne verlieren sieht.

---

[1]) Versuch einer Darstellung des Nervensystems und insbesondere des Gehirns nach ihrer Bedeutung, Entwickelung und Vollendung. Leipzig 1814. pag. 151.

[2]) L. c. pag. 135.

[3]) L. c. pag. 23.

[4]) Joh. Müller l. c. pag. 136.

Gleiches findet man bei den anderen oben angeführten Fischen.

Aus dem Umstande, dass man den Nerv im frischen Zustande beliebig in eine Membran entfalten kann, darf man begreiflicher Weise den Schluss nicht ziehen, dass der Sehnerv der Fische keine faserige Bildung besitze, denn legt man einen Nerv in Kalilösung, so zerfällt er in einzelne Nervenbündel, indem die dieselben zusammenhaltende *pia mater* sich in Kali auflöst.

Auch sieht man an Querschnitten ganz genau querdurchschnittene Nervenfasern mit dem centralen Achsencylinder und dem ihn umgebenden Nervenmarke.

Chiasma der Amphibien.

Carus [1]) beschrieb zuerst bei den Amphibien die blätterförmige Kreuzung der Sehnerven. Die Sehnervenwurzeln theilen sich in Blätter, die sich im Chiasma durch einander schieben, ähnlich den durchgeschobenen Fingern beider Hände.

Joh. Müller [2]) bestätigte die blätterförmige Beschaffenheit des Chiasma mit dem Zusatze, dass nur der kleinste und innerste Theil der Wurzel zum entgegengesetzten Nerven hinziehe, der grössere Theil aber auf derselben Seite bleibe.

So bei der *Lacerta ocellata*, der *Emys Europaea* und dem *Tropidonotus Natrix*.

Nach Hannover's Angabe [3]) sind die sich kreuzenden Fasern zahlreicher als die seitlichen Uebergangsfasern. Zugleich soll eine hintere Commissur existiren.

Ich untersuchte aus der Klasse der Amphibien das Chiasma des Frosches, der Schildkröte und der Ringelnatter und kann denselben nur die blätterförmige Beschaffenheit des Chiasma zusprechen, nicht aber die Semidecussation, indem ich an Längsschnitten des Chiasma aller dieser Thiere unzweifelhafte Präparate besitze, die den vollständigen Uebergang der Wurzelfasern zum entgegengesetzten Nerven beweisen.

---

[1]) L. c. pag. 188.
[2]) L. c. pag. 133.
[3]) L. c. pag. 22.

Was die commissurenartig verlaufenden Fasern der Ringelnatter anbelangt, so ist eine solche Commissur als ein weisser Strang zwischen den beiden Wurzeln mit blossem Auge schon zu erkennen. Bei näherer Untersuchung jedoch findet man, dass er nicht zusammen mit den Wurzeln verläuft, sondern, sich gegen das Innere des Gehirns wendend, Gehirnfasern darstellt, die gar nichts mit dem Sehnerven als solchen zu thun haben.

Das Chiasma der Ringelnatter aber stellt eine vollständige Kreuzung der Fasern dar.

Chiasma der Vögel.

Carus [1]), Meckel [2]), Joh. Müller [3]) und Hannover [4]) beschrieben eine blätterförmige Beschaffenheit des Chiasma der Vögel.

Carus und Meckel beschrieben einen vollständigen Uebergang aller Blätter zum Nerven des entgegengesetzten Auges; Joh. Müller und Hannover eine Kreuzung der inneren Fasern und einen Uebergang der äusseren Fasern zum Nerven derselben Seite; Letzterer beschrieb auch eine hintere Commissur.

Ich untersuchte das Chiasma des Huhns, des Truthahns, der Gans, der Taube, der Krähe und kann ebenso wie bei den Amphibien nur die blätterförmige Beschaffenheit der Vogel-Chiasmen bestätigen, nicht aber die Semidecussation und die hintere Commissur.

Ich beschreibe nur das Chiasma der Taube und was von diesem gilt, gilt auch für die anderen angeführten Vögel.

Die Sehnervenwurzeln entspringen mit einer breiten aber dünnen Basis von den Vierhügeln und ziehen an Breite verlierend aber an Dicke zunehmend nach vorne, wo sie sich begegnen und nachdem sie das Chiasma gebildet haben, zu den runden und kurzen Sehnerven werden. Daraus erklärt sich das Missverhältniss, welches an Längenschnitten zwischen der Dicke des Nerven und der Wurzel auffällt.

Macht man nun an in Chromsäure gehärteten Taubenchiasmen

---

[1]) L. c. Taf. IV. Fig. IX.

[2]) Anatomie des Gehirns der Vögel. Deutsches Archiv für die Physiologie Bd. II. pag. 25.

[3]) L. c. pag. 124.

[4]) L. c. pag. 22.

horizontale mit der Längenachse parallele Schnitte, so sieht man schon mit blossem Auge, wie die Richtung aller Fasern bei jedem Schnitte sich ändert, indem die Fasern je nach dem auffallenden Lichte ihre Farbe verändern.

Sah man bei einem Schnitte die Fasern der rechten Wurzel übergehen zu den Nerven des linken Auges, so sieht man beim nächsten Schnitte die Fasern der linken Wurzel übergehen zum Nerven des rechten Auges, und zwar durch die ganze Dicke des Nerven hindurch.

Untersucht man einen in karminsaurem Ammoniak roth imbibirten Schnitt unter dem Mikroskope, so sieht man die Bestätigung der mit dem blossen Auge gemachten Beobachtung.

Das Bindegewebe, welches sich im Nerven zwischen die einzelnen Bündel von Nervenfasern einschiebt, setzt sich durch das Chiasma in die Wurzeln fort und zeigt auch schon bei kleinen Vergrösserungen die Richtung der Fasern an, und so sieht man nicht nur die inneren Fasern sich kreuzen, sondern auch die äusseren Fasern der Wurzel mit den äusseren des Nerven einen beinahe rechten Winkel bilden und zu den inneren des entgegengesetzten Nerven werden.

An dickeren Schnitten sieht man die Bindegewebsstreifen eines Blattes mit denen des unteren in entgegengesetzter Richtung ziehenden Blattes sich kreuzen und auf diese Art quadratförmige Räume bilden.

An senkrechten mit der Breitenachse parallelen Schnitten bekommt man ein verschiedenes Bild, je nachdem der Schnitt die beiden äusseren Winkel vereinigte, oder je nachdem der Schnitt mehr oder weniger nach vorne oder hinten von den Winkeln entfernt gemacht worden ist.

War das Letztere der Fall, so sieht man an Querschnitten mit blossem Auge nur die inneren Partien zickzackförmig in einander geschoben, die äusseren aber gleichmässig blätterlos; ein Bild, das Joh. Müller bewog, die Semidecussation anzunehmen, die aber dadurch keineswegs bewiesen wird, indem die äussern blätterlosen Partien die noch nicht bis zum Chiasma angelangten Fasern der Wurzeln respective Nerven sind; denn verbindet man mit dem Schnitte die äusseren Winkel, so bekommt man der ganzen Breite nach Querschnitte der sich einander deckenden Blätter.

Ebenso klar, wie in den äusseren Winkeln die Fasern der Wurzel mit denen des Nerven sich kreuzen, sieht man auch im hinteren Winkel die Fasern der beiden Wurzeln sich kreuzen und zwischen sie die Gehirnsubstanz sich einschieben ohne jedwede Spur von commissurenartig verlaufenden Fasern.

Um mich noch genauer über die Bildung des Chiasma bei den Vögeln zu überzeugen, durchschnitt ich den Sehnerv einer Taube am 31. Mai und untersuchte das Gehirn am 6. Juli.

Den durchschnittenen Nerv und die entgegengesetzte Wurzel fand ich stark atrophisch, gelblich, durchsichtig, in Chromsäure gehärtet lichter gelb gefärbt, als den andern Sehnerven, und zwar ging diese lichtgelbe Färbung durch die ganze Dicke der Wurzel hindurch, während die gesunde Wurzel vom Gehirne sich durch ihre dunkelbraune Färbung unterschied.

An Schnitten vom atrophirten Nerven und seiner Wurzel fand man einzelne vollständig erhaltene Nervenröhren, während an den meisten Fasern die Achsencylinder wohl noch zu sehen waren, aber das Nervenmark beinahe geschwunden war. Zugleich färbten sich die Schnitte von denselben in carminsaurem Ammoniak schneller und stärker roth, als die der gesunden Wurzel und als die übrige Gehirnsubstanz.

Ein besonderes Interesse knüpfte ich an die Untersuchung des Chiasma der Eulen, als einer Familie von Vögeln, die mit beiden Augen Gegenstände fixiren.

Leider konnte ich aber zu keinem so sicheren Resultate gelangen, wie bei den andern Vögeln, indem ich nicht hinreichend frische Objecte zur Untersuchung bekam.

Ich konnte an horizontalen, der Längenachse parallelen Schnitten die einzelnen Nervenfasern nicht mehr so genau verfolgen. Nach der Vertheilung des Bindegewebes zu urtheilen, fand indessen hier dieselbe vollständige Kreuzung wie bei den Tauben Statt.

Chiasma der Säugethiere.

Die einzige mir bekannte Untersuchung über das Chiasma der Säugethiere ist die von Joh. Müller [1]).

[1]) L. c. pag. 117.

Joh. Müller untersuchte das Chiasma des Ochsen, des Pferdes und des Affen und kam zu dem Resultate, dass die kleinste äussere Zahl der Wurzelfasern zum Nerven derselben Seite, die grössere aber zu dem der entgegengesetzten Seite übergeht.

Chiasma des Kaninchens.

Beim Kaninchen stossen die breiten bandförmigen Wurzeln unter einem mehr als rechten Winkel zusammen, bilden dann das viereckige Chiasma, aus dessen seitlichen vorderen Flächen die rundlichen Sehnerven entspringen.

Die Grenze zwischen Chiasma einerseits, Nerven und Wurzeln andererseits ist durch eine Erhöhung des ersteren angedeutet.

Im frischen Zustande liess es sich nicht entscheiden, ob die im hinteren Winkel des Chiasma liegenden Fasern sich auch kreuzen, oder ob sie commissurenartig verlaufen, indem eine kleine hintere Partie der Fasern von den vorderen Fasern durch eine seichte längliche Einbuchtung geschieden ist.

Da auch die in der Längenachse parallelen Schnitte keinen bestimmten Aufschluss über den Verlauf der im hintern Winkel liegenden Fasern gegeben haben, indem man aus denselben nur soviel ersieht, dass die zum Nerven hinziehenden Fasern sich zu einander neigen, so exstirpirte ich am 31. Mai einem Kaninchen ein Auge und untersuchte das Chiasma am 1. Juli.

Den durchgeschnittenen Nerv und die entgegengesetzte Wurzel fand ich atrophisch, röthlich, durchsichtig, gegen das Chiasma stark abgegrenzt, auf der der atrophirten Wurzel entsprechenden Seite die längliche Vertiefung im Chiasma stärker ausgeprägt als auf der anderen Seite.

In Chromsäure gehärtet war der durchschnittene Nerv und die ganze entgegengesetzte Wurzel lichtgelb gefärbt, der andere Nerv und die entsprechende Wurzel dunkelbraun.

Dass die Fasern der dem durchschnittenen Nerven entgegengesetzten Wurzel und die im hintern Winkel verlaufenden zweifelhaften Fasern degenerirten, machte der Umstand wahrscheinlich, dass an Querschnitten die ganze Wurzel die lichtgelbe Färbung zeigte, und

von der ebenfalls lichtgelb gefärbten Gehirnsubstanz nicht zu unterscheiden war, während die andere Wurzel von der Gehirnsubstanz durch die dunkelbraune Färbung abstach.

Mikroskopisch fand man im durchschnittenen Nerven und in der entgegengesetzten Wurzel einzelne Nervenröhren, bei den meisten Fasern sah man die Contouren nicht mehr genau und oft nur den Achsencylinder. Die andere Wurzel enthielt vollständig erhaltene Nervenfasern.

Chiasma des Hundes.

Durch die Güte des Hrn. Professor Ludwig bekam ich den Kopf eines einseitig blinden Hundes, wo die Degeneration der entgegengesetzten Wurzel die vollständige Kreuzung der Sehnerven im Chiasma ausser allen Zweifel setzte.

Den Nerv konnte ich beim Auspräpariren aus der Orbita nicht mehr seiner ganzen Länge nach verfolgen, indem er von dem ihn umgebenden Fette nicht mehr zu unterscheiden war und nur am Chiasma und dem atrophirten Bulbus hingen Stücke von Nervenüberresten.

Hinter dem Chiasma war an der Stelle der Wurzel ein schmaler in Chromsäure lichtgelb gefärbter Streifen bemerkbar, der ebenso wie der Nerv beim Berühren in eine amorphe Masse zerfiel.

Der andere Nerv und die Wurzel liessen keine degenerirten Fasern erkennen.

An horizontalen mit der Längenachse parallelen Schnitten sah man alle Fasern der gesunden Wurzel übergehen zum entgegengesetzten Nerven, nachdem sie im Chiasma eine zweimalige Beugung erlitten hatten. In dem gesunden Nerv sah man die einzelnen Nervenröhren mit ihrem Achsencylinder, während die Nerven und Wurzelüberreste der anderen Seite in karminsaurem Ammoniak viel stärker roth gefärbt, keine bestimmte Faserung an sich erkennen liessen.

An der Kreuzungsstelle beider Nerven bemerkte man nur die gesunden Nervenfasern, keine Spur von degenerirten Nervenröhren.

Ich hielt die Untersuchung eines Chiasma vom gesunden Hunde nicht mehr für nöthig, indem dieser pathologisch-anatomische Fall den deutlichsten Beweis für die vollständige Kreuzung abgiebt.

Chiasma des Pferdes.

Einen gleichen Befund über die vollständige Kreuzung der Fasern im Chiasma erhielt ich auch beim Pferde.

Schon die oberflächliche Anschauung des Pferde-Chiasma lässt eine solche Structur voraussetzen, indem das Chiasma des Pferdes beinahe die doppelte Dicke der Wurzel hat. Auf der unteren Fläche ist das Chiasma über den Nerv erhaben und von jeder Wurzel zieht gegen das Chiasma je ein Fortsatz, der bis zum vorderen Winkel mit seiner Spitze reicht, indem er immer dünner wird und in der Mitte des Chiasma mit dem der anderen Seite in einer Linie zusammentrifft, welche den vorderen Winkel mit dem hinteren vereinigt.

Dass die Fasern in diesem Fortsatze nicht zum Nerven derselben Seite gehen, beweist schon ihre Richtung, ferner die genaue Begrenzung des Chiasma gegen den Nerv, dann das Zerzupfen eines in Kalilösung hineingelegten Chiasma, indem man mit der Loupe die in der Mitte verlaufende Linie als die Kreuzungslinie der sich treffenden beiden Fortsätze erkennt und endlich der Umstand, dass bei Degeneration eines Nerven der entgegengesetzte Fortsatz degenerirt.

Die obere Fläche des Chiasma ist breiter als die untere, das Chiasma geht in den Nerv ohne irgend welche Begrenzung über, während er gegen die Wurzeln begrenzt ist.

Dass übrigens auch die äusseren Fasern der Wurzel zum entgegengesetzten Nerven gehen und folglich eine vollständige Kreuzung im Pferde-Chiasma stattfindet, ersieht man am besten aus einem pathologisch-anatomischen Falle, einer Atrophie des Sehnerven eines Auges, den ich durch die Güte des Hrn. Dr. Müller, Professor der Anatomie an dem k. k. Thierarznei-Institute, erhalten habe.

Frisch erschien der dem atrophirten Bulbus entsprechende Nerv und die entgegengesetzte Wurzel atrophisch bis in die Vierhügel, die auch schwächer waren. Das Verhältniss des Durchmessers des kranken Nerven zum gesunden war wie 1 : 4, der kranken Wurzel zum gesunden wie 1 : 6.

In Chromsäure gehärtet, färbte sich der kranke Nerv und die Wurzel bis in die Vierhügel lichtgelb, der gesunde Nerv braungelb.

An der unteren Fläche färbte sich der dem kranken Nerven entgegengesetzte oben beschriebene Fortsatz lichtgelb.

Die mikroskopische Untersuchung des kranken Nerven wies nach: Schwund der nervösen Substanz und relativ stärkere Entwickelung des Bindegewebes, das vom Neurilemma zwischen die Bündel von Nervenfasern eindringt und an Querschnitten als ein dichtes Netzwerk erscheint, dessen Zwischenräume durch eine feinkörnige, nur schwach rothgefärbte Masse ausgefüllt werden, wenn der kranke Nerv in Chromsäure gehärtet und mit karminsaurem Ammoniak imbibirt worden ist.

In der entgegengesetzten atrophirten Wurzel nirgends eine erhaltene Nervenröhre, noch ein Achsencylinder aufzuweisen, überall dicht an einander gelegtes Bindegewebe.

In dem atrophirten Vierhügel keine Veränderung aufzufinden, der Menge und der Beschaffenheit nach vollständig erhaltene Ganglienzellen.

Die Atrophie scheint im Schwunde der Zwischengehirnsubstanz zu beruhen.

In der gesunden Wurzel deutliche Nervenfasern mit Achsencylinder und ihn umgebendem Nervenmark ohne nachweisbare Degeneration von Nervenfasern. Diese beiden Fälle von Degeneration und Schwund der entgegengesetzten Wurzel beim Pferde und Hunde sind um so wichtiger, als beide Thiere Gegenstände mit beiden Augen fixiren.

Chiasma des Menschen.

Man hat im Chiasma des Menschen vier Arten von Fasern beschrieben.

1) Fasern, die von der *Substantia perforata media* auf die obere Fläche des Chiasma verlaufen, von dort theilweise durch den vorderen Winkel auf die untere Fläche ziehen und sich im *Tuber cinereum* verlieren, theilweise zum Nerven derselben Seite übergehen.

Hannover, der diese Lage von Fasern *Commissura anterior* benennt, beschrieb sie als Gehirnfasern, Valentin [1]) als Sehnenfasern.

---

[1]) Sömmerring's Hirn- und Nervenlehre, umgearbeitet von Valentin. 1841. pag. 308.

2. Fasern, welche von der Wurzel zum Nerven derselben Seite übergehen (von Hannover *Fasciculus dexter* und *sinister* benannt), von Johann Müller zuerst als solche beschrieben. Von den meisten Physiologen später bestätiget, nehmen sie besonders den äusseren Rand des Chiasma ein.

3) Fasern, welche im vorderen und hinteren Winkel des Chiasma bogenförmig verlaufen (von Hannover *Commissura arcuata anterior et Commissura arcuata posterior* benannt), zuerst von Joh. Müller angedeutet, später von Erdl [1]). Todd-Bowmann und Anderen beschrieben, vereinigen die einen die peripherischen, die anderen die centralen Ursprünge der Sehnerven.

4) Fasern, die von einer Wurzel zum entgegengesetzten Nerven verlaufen (von Hannover *Commissura cruciata* benannt), verlaufen in der Mitte des Chiasma von den oben beschriebenen Fasern bedeckt und machen nach Joh. Müller die grössere, nach Hannover die kleinste Zahl der Fasern des Chiasma aus.

Die bis jetzt bekannten pathologisch-anatomischen Fälle von Degeneration eines Sehnerven in Folge von einäugiger Blindheit sind nicht geeignet uns sichere Anhaltspunkte über die Structur des Chiasma des Menschen zu geben, indem von verschiedenen Autoren bald der Schwund der Wurzel derselben [2]), bald der entgegengesetzten Seite [3]), bald der Schwund beider Wurzeln [4]) beschrieben worden ist. Der am öftersten vorkommende Fall ist der Schwund des Nerven bis zum Chiasma ohne Atrophie der Wurzel [5]).

Ebenso wenig giebt die Pathologie irgend welche Anhaltspunkte, indem nicht alle Fälle von Hemiopie, die von Joh. Müller gesammelt und in neuerer Zeit von Professor Graefe [6]) zahlreich beobachtet worden sind und die man durch eine Erkrankung der Wurzeln bei vorhandener Semidecussation erklären wollte, sich dadurch erklären lassen.

---

[1]) Neue medicinisch-chirurgische Zeitung. Augsb. 1843. Nr. 8. pag. 113.

[2]) Vesal, Valverda, Riolan, Santorini, Caldani u. A.

[3]) Sömmerring, Ebel, Michaelis, Valter, Cuvier u. A.

[4]) Meckel, Cruveilhier u. A.

[5]) Longet, Heinrich Müller.

[6]) Archiv für Ophthalmologie von Donders, Alt und Gräfe.

Wohl sind die Fälle, wo das eine Auge auf der Schläfenseite, das andere auf der Nasenseite der Netzhaut erblindet ist, durch eine Erkrankung einer Wurzel und mit Mühe noch die Fälle der Erblindung an den inneren Hälften beider Augen durch eine Geschwulst an der *Basis cranii* erklärlich; wie ist es aber in den Fällen von Hemiopie an beiden äusseren Hälften? Sind es symmetrische Geschwülste, welche zu beiden Seiten die Wurzeln afficiren und auch dann nur eine bestimmte Zahl der Fasern derselben, nämlich die, welche eine Hälfte des Auges versehen?

Die Sectionsbefunde hemiopischer Fälle sind nicht bekannt.

Ich habe pathologisch-anatomische Fälle von einäugig blinden Menschen gesammelt, und habe es bis zu fünf Fällen gebracht, von denen bei zweien die entgegengesetzte Wurzel um ein Bedeutendes atrophirt war. Die mikroskopische Untersuchung wies Schwund der Nervensubstanz und stärkere Entwickelung des Zwischenbindegewebes im Nerven, in der atrophirten Wurzel gar nichts abnormes, vollständig erhaltene Nervenröhren mit deutlichem Achsencylinder und Nervenmark nach. Die Atrophie scheint in einer nicht nachweisbaren Abnahme der Dicke der einzelnen Nervenfasern zu bestehen.

Bei drei Fällen ist die Veränderung nur bis zum Chiasma gediehen, ohne dass zwischen dem gesunden Nerven und den Wurzeln irgend welches abnorme Verhältniss nachzuweisen wäre.

Die beiden ersten Fälle beweisen also so viel, dass der grössere Theil der Fasern zum entgegengesetzten Nerven hinzieht.

Das Zerzupfen der in Chromsäure gehärteten und dann in Kalilösung hineingelegten Chiasmen ergab folgendes Resultat.

Obere Fläche des Chiasma vom Menschen.

Zieht man die *Pia mater* vorsichtig vom Gehirn und dem Chiasma ab, so präsentirt sich zuerst eine Schichte von Fasern, die vom Gehirn absteigend, brückenförmig zum Chiasma hinüberläuft, den hinteren Winkel desselben verdeckt, sich in einem Halbkreis an das Chiasma anlegt und über die ganze obere Fläche desselben sich ausbreitet; da sich diese Fasern in Chromsäure lichter gelb färben, so kann ihre Ausbreitung genau angegeben werden. In manchen Fällen beschränken

sie sich nur auf die obere Fläche des Chiasma und nur einzelne Bündel steigen vom *Tuber cinereum* auf die untere Fläche, in manchen Fällen ziehen aber diese Fasern von der oberen Fläche durch den vorderen Winkel auf die untere und auf die Nerven, dann überzieht eine dünne Lage von ähnlichen in Chromsäure sich lichtgelb färbenden Fasern auch die Wurzeln. Am stärksten ist diese Lage von Fasern zu beiden Seiten des hinteren Winkels, schwächer in der Mitte des Chiasma, oft reissen sie beim Abziehen der *Pia mater* an dieser Stelle und lassen eine Oeffnung frei, welche hineinführt in die unter ihnen liegende Höhle, die mit der dritten Gehirnkammer in directer Verbindung steht. Denn öffnet man die dritte Gehirnkammer durch Entfernung des Balkens und des *Plexus choroideus medius*, so sieht man unter der *Commissura anterior* den *Aditus ad infundibulum*. Dieser Zugang wird durch den in ihn hineinragenden hinteren Winkel des Chiasma eingetheilt in einen unteren kleinen Gang, der unter die untere Fläche des Chiasma zum Infundibulum führt, d. i. der eigentliche *Aditus ad Infundibulum* und in eine obere Höhle, welche über dem Chiasma liegt, nach unten von einem Theil der oberen Fläche des Chiasma, nach oben von der brückenförmig vom Gehirn zum Chiasma absteigenden Fasern begrenzt wird, und welche Arnold in seiner Anatomie erwähnt. Das Ependyma kleidet diese Höhle und den in die Höhle hineinragenden hinteren Winkel des Chiasma aus.

Es ist nun die Frage, sind diese Fasern wirklich Gehirnfasern, als welche sie Hannover angiebt — es ist dies seine *Commissura ansata* — oder sind es Sehnenfasern, als welche sie Valentin betrachtet?

Im frischen Zustande sind sie von den andern Fasern der Sehnerven an der Farbe nicht zu unterscheiden, mit der Pincette angefasst, sind sie aber viel fester und zäher, lassen sich stark ausdehnen und reissen sehr schwer.

Unter dem Mikroskope ohne Zusatz von Wasser sieht man sehr dichte feine Bindegewebsfasern, durchzogen von varicösen Nervenröhren, nach Zusatz von Essigsäure verlieren die Fasern ihre Contouren, werden durchsichtig, während die Nervenfasern deutlicher hervortreten, ebenso nach Zusatz von Kalilösung.

In Chromsäure gehärtet färben sie sich lichter gelb als die anderen Fasern des Sehnerven und als die Gehirnsubstanz, lassen sich von ihrer Unterlage mit Leichtigkeit abziehen, sind zähe, elastisch, und werden in Kalilösung ganz durchsichtig.

Unter dem Mikroskope sieht man an den in Chromsäure gehärteten Präparaten feine Fasern von Bindegewebe, ohne dass man dazwischen Nervenfasern entdecken kann. Diese Eigenschaften kommen dem Bindegewebe zu und die einzelnen Nervenfasern, deren ich oben erwähnte und die nur an frischen Präparaten, wo diese Schichte von Fasern von der Nervensubstanz schwer zu unterscheiden ist, sich vorfinden, sind wahrscheinlich beim Abziehen vom Nerven mitgerissen worden.

Diese Schichte von Fasern stellt einen Theil der vorderen oberen Begrenzungsfläche der dritten Gehirnkammer dar; hat man sie von ihrer Unterlage abgezogen, so hat man die eigentliche obere Fläche des Chiasma vor sich.

Die Grenze zwischen Chiasma und Wurzel ist durch eine Erhöhung des Ersteren gegen die Wurzeln namentlich stark im äusseren Winkel ausgeprägt. Man sieht den continuirlichen Verlauf der Fasern vom Nerven bis zum hinteren Winkel des Chiasma; der innere Theil der Fasern des Nerven geht schon auf der oberen Fläche zur entgegengesetzten Wurzel, die äusseren Fasern dagegen kreuzen sich erst im Winkel und verlaufen in der Wurzel von innen nach aussen, indem sie die anderen Fasern der Wurzel kreuzen.

Von dieser Regel fand ich an einzelnen Chiasmen eine auffallende Ausnahme, die darin bestand, dass die Fasern vom Nerven in einen immer dünneren Fortsatz ausliefen, der eine innere Convexität und äussere Concavität besass und mit seiner Spitze zur Seite des hinteren Chiasma-Winkels endigte. Mit der Convexität berührten sich die beiden Fortsätze in der Mitte des Chiasma und bildeten auf diese Weise zwei entgegengesetzte Winkel, einen vorderen und einen hinteren. Der vordere war ausgefüllt von einer Lage von Fasern, die vom vorderen Chiasma-Winkel in ein Bündel gesammelt zum Nerven ziehen und denselben von innen nach aussen kreuzen; der hintere Winkel dagegen war vertieft und nach hinten begrenzt durch eine Wulstung

von Fasern, die commissurenartig zwischen beiden Wurzeln verlief und von Ependyma überzogen war, die Fasern in diesen Fortsätzen schienen auf derselben Seite des Nerven zu bleiben.

Untere Fläche des Chiasma vom Menschen.

Die untere Fläche hat mit der oberen in so ferne Aehnlichkeit, als an ihr derselbe Vorgang, nur verkehrt, stattfindet.

Hier ist das Chiasma gegen den Nerv durch eine Erhöhung der Wurzeln und des Chiasma, welche in einander übergehen, begrenzt. Die Fasern ziehen von der ganzen unteren Fläche der Wurzeln zum vorderen Winkel, kreuzen sich in demselben und erscheinen auf der oberen Fläche der Nerven als ein gesammeltes Bündel, welches, im Nerven von innen nach aussen ziehend, sich mit den übrigen Fasern kreuzt.

Zwischen diesen Fasern sieht man im hinteren Winkel des Chiasma mit der Längsachse desselben parallel verlaufende Bündel, die oft durch das Infundibulum in der Mitte eingedrückt werden.

Innere Schichte des Chiasma vom Menschen.

Verfolgt man die weitere Faserung des Chiasma durch Abheben von einzelnen Nervenbündeln, so bekommt man an gut erhaltenen Präparaten lauter Bilder, welche den Uebergang der Wurzelfasern zum entgegengesetzten Nerven beweisen.

Die äusseren Fasern der Wurzeln ziehen längs des äusseren Winkels bogenförmig über dem Nerven zum vorderen Winkel und zum entgegengesetzten Nerven. Die inneren längs des hinteren Winkels bogenförmig über die Wurzel zum äusseren Winkel und zum Nerven hin.

An minder gut erhaltenen Präparaten bekommt man oft Bündel, welche auf derselben Seite zu bleiben scheinen; untersucht man jedoch diese Bündel unter dem Mikroskope, so findet man sich kreuzende Nervenfasern, die nach der Kreuzung abgerissen sind.

Ebenso bekommt man Fasern, die commissurenartig zu verlaufen scheinen, öfter bekommt man sie im hinteren Winkel als im vorderen, und letzteres meistens nur in den Fällen, wo die Nerven weit

aus einander stehen und der vordere Winkel deshalb einen Bogen darstellt.

Treten aber die Nerven unter einem spitzen Winkel aus dem Chiasma hervor, so sieht man, wie die im Winkel verlaufenden Fasern sich unter einander kreuzen.

Die Bilder von commissurenartig verlaufenden Fasern bekam ich besonders beim Beginne meiner Untersuchung, wo ich oft das ganze Chiasma in lauter commissurenartig verlaufende Bündel zerlegte.

Schon dieser Umstand, verbunden damit, dass beim Zerzupfen an der Grenze der Nerven respective der Wurzel die Fasern derselben abrissen, und dass, wenn ich ein feines Bündel mit Nadeln vorsichtig abzog, dasselbe von der Wurzel zum entgegengesetzten Nerven verlief, und unter dem Mikroskope als ein Bündel von ununterbrochenen Fasern sich darstellte, beweist hinlänglich, dass eine vollständige Kreuzung stattfindet.

Und so muss ich auf diesen Umstand besonders aufmerksam machen, wie leicht man sich hier täuschen könne, wie leicht man beim ersten Anblicke die meisten Fasern für commissurenartig verlaufende Fasern oder für Fasern, die auf derselben Seite verbleiben erklären könne, und dass ich selber anfangs, wie ich mit dem Zerzupfen noch nicht gut vertraut war, viele für solche hielt, während nach genauerer Einsicht man dieselben für sich kreuzende Fasern halten muss.

Ich muss somit nach meinen Untersuchungen mit denjenigen übereinstimmen, welche angegeben haben, dass beim Menschen und bei allen Wirbelthieren im *Chiasma nervorum opticorum* eine vollständige Kreuzung der Sehnervenfasern stattfindet.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Längsschnitt eines Chiasma der Ringelnatter.

Man sieht, wie die Fasern der rechten Wurzel zum linken Nerven hinziehen und an einzelnen Stellen unter ihnen die in entgegengesetzter Richtung ziehenden Fasern.

Fig 1

Fig 4

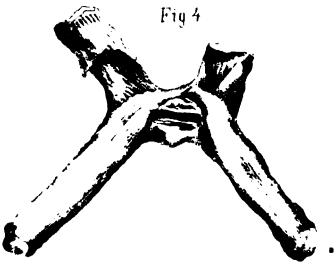


Fig 3.

Fig 2.

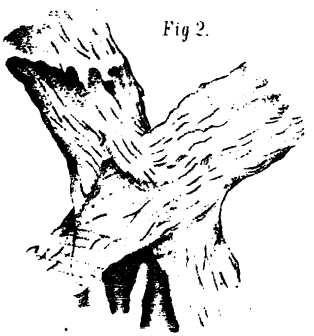


Fig 5.

Lith Anst v J Kobig Wien

Die Wurzeln sind durch eine Commissur verbunden, zwischen ihnen bleibt ein dreieckiger Raum frei. Die Commissur zeigt nur in ihrer vorderen Partie eine faserige Bildung, in der hinteren Partie sieht man Gruppen von Ganglienzellen und in der Gehirnsubstanz zerstreute einzelne Zellen; auch ein Beweis dafür, dass sie mit dem Sehnerven keine Verbindung hat.

Fig. 2. Längsschnitt eines Chiasma der Taube.

Stellt die vollständige Kreuzung der Fasern im Chiasma dar, besonders deutlich an den äusseren Winkeln.

Im hinteren Winkel keine Spur von commissurenartig verlaufenden Fasern.

Die Wurzeln sind viel schmäler als die Nerven.

Fig. 3. Chiasma eines auf einem Auge erblindeten Pferdes.

Die hier dargestellte untere Fläche des Chiasma zeigt die degenerirte entgegengesetzte Wurzel, besonders deutlich zu sehen an den Querschnitten beider Wurzeln. Am Chiasma selbst sieht man zwei Fortsätze, der dem kranken Auge entgegengesetzte ist degenerirt.

Der gesunde Nerv und die entgegengesetzte Wurzel haben eine gleiche Dicke und einen geraden Verlauf.

Fig. 4. Untere Fläche des Chiasma vom Menschen.

Wie man sie an in Chromsäure schwach gehärteten und in Kalilösung hineingelegten Präparaten nach vorsichtigem Abheben der *Pia mater*, die einen Theil des rechten Nerven nur umgiebt, findet.

Man sieht von der Wurzel eine Lage von Fasern, welche über dem Nerven erhaben ist und zum vorderen Winkel zieht; die Fasern der rechten Wurzel bedecken die der entgegengesetzten.

Im hinteren Theil des Chiasma sieht man der Längenachse parallel verlaufende Fasern, die in der Mitte vom Infundibulum eingedrückt sind.

Fig. 5. Obere Fläche des Chiasma vom Menschen.

Nachdem die oberflächliche brückenförmig über den hinteren Winkel verlaufende Schichte von Fasern nach einer schwachen Härtung in Chromsäure abgezogen und das Bindegewebe in Kalilösung durchsichtig geworden ist, präsentirt sich die hier dargestellte obere Fläche, wie man sie aber nur an einzelnen Chiasmen ausnahmsweise findet, mit einem im hinteren Winkel commissurenartig verlaufenden Wulst von Fasern. Zugleich geht von jedem Nerven zum hintern Winkel ein bogenförmig gekrümmter Fortsatz, der sich in der Mitte des Chiasma mit dem der andern Seite berührt und zur Wurzel derselben Seite Fasern abzugeben scheint.

Man hat jedoch keinerlei Sicherheit, dass man hier nicht denselben Täuschungen unterworfen sei, denen man so oft unterlegen, indem man Fasern, die auf derselben Seite bleiben, gefunden zu haben glaubte.

Meinem Collegen, Herrn R. Hoffmann, danke ich für die gefällige Uebernahme der Zeichnungen.

VI.

Eine Notiz zur Anatomie und Bedeutung der Stäbchenschicht der Netzhaut.

Von

Dr. **Gustav Braun** aus Moskau [1]).

In dem Archiv für Ophthalmologie von Donders, Arlt und von Graefe, V. Band, 2. Abtheilung, befindet sich eine Arbeit von Dr. Ritter über die Stäbchenschicht der Netzhaut des Frosches, worin derselbe behauptet, dass in die Stäbchen feine Nervenfasern hineingehen. Diese Thatsache wäre eine sehr wichtige, indem sie die bis jetzt noch unsicheren und verschiedenen Ansichten über die Perception des Lichtes in's Reine brächte.

Meine Untersuchungen der Netzhaut bestätigen indessen nicht die Behauptung Ritter's. Indem ich strenge die Verfahrungsmethode Ritter's befolgte, ist es mir nie gelungen irgend ein Gebilde in den Stäbchen zu entdecken, das einer Nervenfaser oder einem Achsencylinder ähnlich wäre. Wenn man das Auge eines Frosches nach der Angabe Ritter's in eine ziemlich starke Lösung von Chromsäure thut und nach 48 Stunden die Netzhaut untersucht, so findet man, dass der Inhalt des Stäbchens, oder besser gesagt, die Substanz, aus der die

---

[1]) Aus dem XLII. Bande der Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

selbe besteht, sich zu Klümpchen von verschiedener Grösse coagulirt hat; diese Klümpchen nehmen verschiedene Lagen an; öfters bilden sie kleine unregelmässige Vierecke oder Vielecke, wie sie auch Ritter sehr treu in seiner dritten und fünften Abbildung dargestellt hat. In selteneren Fällen zieht sich die geronnene Substanz des Stäbchens mehr oder weniger gleichmässig nach beiden Seiten zurück, so dass in der Mitte ein Riss entsteht. Der optische Ausdruck dieses Risses ist nun, wie ich glaube, die Ursache gewesen, die Ritter zu der Annahme geführt hat, dass in die Stäbchen Nervenfasern eindringen. Die vollkommene Aehnlichkeit dieses Längsrisses mit denjenigen, die sich um kleine Klümpchen bilden, lässt jedoch seine wahre Natur erkennen.

Legt man das Auge eines Frosches in eine schwache Chromsäurelösung" ($^1/_2$ bis 1 Gran Chromsäure auf 1 Unze destillirtes Wasser) und untersucht die Netzhaut nach 24 Stunden, so bemerkt man keine starke Coagulirung der Substanz der Stäbchen; dieselbe ist alsdann gewöhnlich ganz fein granulirt und man bemerkt nie so starke Risse, die zu einer Annahme von Nervenfasern führen könnten. Auch muss ich gestehen, dass ich in gehärteten Netzhäuten des Frosches nie solche sonderbare Stäbchen gesehen habe, wie sie Ritter darstellt.

Bei meinen Untersuchungen habe ich einige Erscheinungen bemerkt, die mir von einigem Interesse zu sein scheinen. In Rücksicht auf die Form der Stäbchen beim Frosche stimme ich vollkommen mit den Zeichnungen überein, wie sie Heinrich Müller und Max Schultze gegeben haben (Anatomisch-physiologische Untersuchungen der *retina* etc. v. H. Müller und *Observationes de retinae structura penitiori* v. M. Schultze); nur kann ich dieses Gebilde, von der Stelle, wo es zwischen dem Epithel der Aderhaut eingebettet ist, bis zu seinem Zusammenhange mit den Ganglienzellen, nicht als ein ganzes einheitliches betrachten. Etwas über der Stelle, wo das Stäbchen anfängt sich zu verschmälern, um sich als ein knotiger Faden in der Körnerschicht fortzusetzen, bemerkt man an schwach gehärteten Präparaten immer einen feinen Streifen quer durch das Stäbchen gehend und bei gutgelungenen sehr feinen Querschnitten bilden diese Querstreifen eine gerade Linie pararell laufend mit der Oberfläche der

Netzhaut; auch unterscheidet sich der untere Theil von dem oberen durch stärkere Lichtreflexion.

Legt man nun die Netzhaut eines Frosches, die vorher während 24 Stunden in einer schwachen Chromsäurelösung gelegen hat ($^1/_2$ bis 1 Gran Chromsäure auf 1 Unze Wasser), in eine schwach alkalische Karminlösung (je weniger die Netzhaut gehärtet ist, desto weniger alkalisch muss die Karminlösung sein) und untersucht darauf Querschnitte davon, so zeigt es sich, dass der benannte untere Theil hochroth infiltrirt ist, während der obere Theil, das heisst der ganze Cylinder bis nahezu an die Stelle, wo sich das Stäbchen zu verschmälern anfängt, gar nicht infiltrirt ist. Man sieht also einen glashellen Cylinder auf einem rosenrothen bis hochrothen Ansatze von derselben Breite, der sich fadenförmig in die Körnerschicht fortsetzt.

Dieselbe verschiedenartige Karmininfiltration findet man auch bei den Fischen (Hecht), Vögeln (Huhn) und Säugethieren (Kaninchen). Ueberall ist das Stäbchen, so weit es ein regelmässiger Cylinder ist, nicht infiltrirt, während die weitere Fortsetzung roth infiltrirt ist. Dabei muss ich noch bemerken, dass beim Hecht und beim Kaninchen an der Stelle, wo der glashelle Cylinder an der gefärbten Fortsetzung anliegt, diese letztere ein wenig kolbenartig aufgetrieben ist; bei den Amphibien ist das nicht so hervortretend.

Die Zapfen verhalten sich ebenso wie die Stäbchen; während sich der Zapfen schön hochroth färbt, bleibt der kleine auf ihm sitzende Kegel (Henle's Stiftchen) vollkommen glashell; auch an einfach gehärteten Querschnitten bemerkt man zwischen dem Zapfen und dem ihm aufsitzenden kleinen Kegel denselben Querstrich und dieselbe optische Verschiedenheit, wie zwischen dem Cylinder und der Fortsetzung desselben.

Diese Thatsachen nun, von denen ich besonders das verschiedenartige Verhalten zur Karminlösung hervorhebe, deuten darauf hin, dass sowohl Stäbchen als Zapfen aus zwei wesentlich verschiedenen und durch eine scharfe Grenze von einander getrennten Substanzen bestehen.

Bekanntlich existiren über die Stäbchen-Zapfenschicht seit einer Reihe von Jahren zwei verschiedene Ansichten: nach der einen ist sie ein katoptrischer Apparat, welcher die Lichtzerstreuung hinter

om Lichte zur Empfindung des Leuchtenden erregten, Theilen ver-
ndert, nach der anderen besteht sie aus den lichtempfindenden Ele-
enten selbst. Durch die schönen Versuche H. Müller's über die
erschiebung des Gefässschattens auf der Netzhaut (Verhandlungen
r phys.-mediz. Gesellschaft in Würzburg, IV. Bd., S. 100) musste
e letztere Ansicht ein entschiedenes Uebergewicht erlangen, indem
nun offen zu Tage lag, dass die lichtempfindenden Theile nahe der
nteren Oberfläche der Netzhaut liegen; aber sie sollte zugleich eine
schränkung erfahren in Folge von Henle's Entdeckung (Henle's
d Pfeufer's Zeitschrift etc., II. Bd., 3. Heft, S. 307), dass die
bchen in der *macula flava* fehlen, hier sich nur Zapfen finden und
Menge, welche von den letzteren auf einem gegebenen Raum ge-
llt ist, umsomehr abnimmt, je mehr man sich von der *macula flava*
fernt, indem immer mehr Stäbchen zwischen sie treten.

Hieraus schliessen E. H. Weber und Helmholtz (Karsten's
yklop. d. Phys. IX, Helmholtz, Physiol. Optik, S. 214), dass
nicht Stäbchen und Zapfen *indiscriminatim*, sondern nur die
teren als lichtempfindend betrachten könne. Wenn man nun findet,
sowohl Stäbchen als Zapfen aus zwei wesentlich verschiedenen
durch eine scharfe Grenze von einander getrennten Substanzen
ehen, so liegt die Vermuthung nahe, dass diesen beiden Substan-
auch in Rücksicht auf ihre Function eine verschiedene Bedeutung
umessen sei.

VII.

Physiologische Versuche über binoculäres Sehen, ang mit Hülfe planparalleler Glasplatten.

Von

Dr. **Alexander Rollett,**
Assistenten am physiologischen Institute der Wiener Universität

(Mit 2 Tafeln.)

Als Brücke [2]) im Jahre 1841 seine Theorie des Körp aufstellte, nahm er den bis dahin wenig beachteten Satz, dass verschiedenen Convergenzgraden der Sehachsen ein verschied theil über die Tiefendistanz des fixirten Punktes nothwendig v als einen Hauptsatz in seine Lehre auf.

Seitdem hat jener Satz angefangen eine wichtige Rolle Physiologie zu spielen. Bald unterzogen ihn H. Meyer [3]) u später Brewster einer experimentellen Kritik, und der Er genannten Forscher konnte dem bestätigenden Resultate s dem Spiegelstereoskop angestellten Versuche noch die Thats

---

[1]) Aus dem XLII. Bande der Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie schaften vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

[2]) Müller's Archiv 1841, p. 459.

[3]) Poggendorff's Annalen Bd. 85, p. 198.

Taf. I.

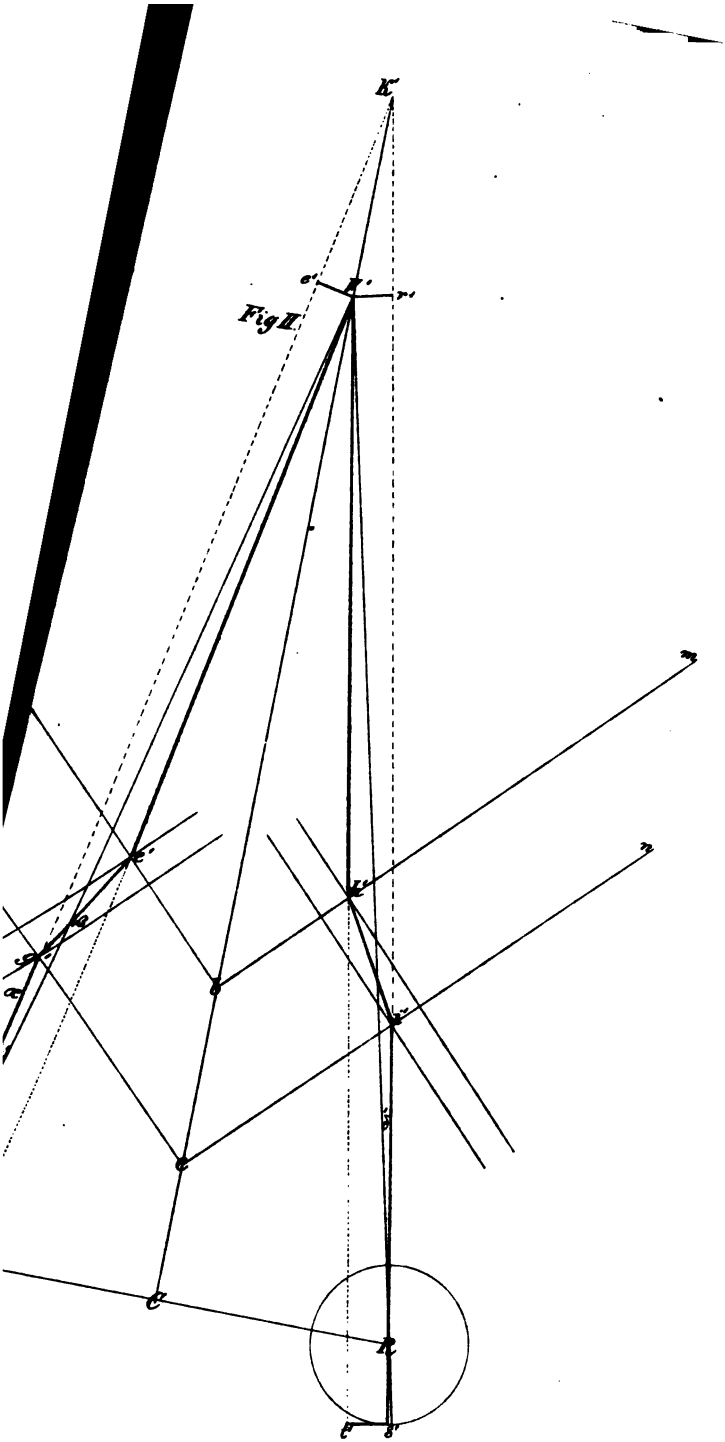


Fig II.

fügen, dass auch unser Urtheil über die Grösse der gesehenen Gegenstände durch den Convergenzgrad der Sehachsen wesentlich modificirt wird.

Man wusste jetzt, dass Gegenstände von constanter Grösse und in constanter Entfernung von dem Augenpaare scheinbar verschieden gross und in verschiedener Entfernung gesehen werden, wenn Nichts sich ändert als der Convergenzwinkel der Sehachsen, unter welchem wir sie beschauen.

Bei grösserem Convergenzwinkel erscheinen sie angenähert und verkleinert, bei kleinerem Convergenzwinkel in die Ferne gerückt und vergrössert.

Die erstere dieser zwei Thatsachen hat sich eben so schön als lehrreich bei dem von Helmholtz [1]) erfundenen Telestereoskop bewahrheitet.

Ich beziehe mich hier zunächst auf die von Helmholtz empfohlene Verwendung der einfachsten Form seines Instrumentes zur Betrachtung näher gelegener Gegenstände.

Stellt man dabei die Spiegel so, dass man mit den Sehachsen stark convergiren muss, um die Gegenstände einfach zu sehen, so erscheinen sie, abgesehen von ihrer stärkeren körperlichen Wirksamkeit, näher gerückt und kleiner, als beim Beschauen mit unbewaffneten Augen einzig und allein darum, weil wir sie durch das Instrument eben unter einem viel grösseren Convergenzwinkel wahrnehmen, als ohne dasselbe. Die Aufgabe, einen Gegenstand unter einem andern Convergenzwinkel erscheinen zu lassen, als unter welchem er vermöge seiner Entfernung von den Augen erscheinen sollte, findet in dem Helmholtz'schen Instrumente ihre Lösung auf katoptrischem Wege. Dies wird hier bemerkt, weil ich daran erinnern muss, dass dieselbe Aufgabe, obwohl in entgegengesetztem Sinne und zu anderen Zwecken, auch schon auf dioptrischem Wege gelöst wurde.

Brücke [2]) hat sich in neuester Zeit dazu prismatischer Gläser bedient und seine prismatische Dissectionsbrille construirt, durch

---

[1]) Poggendorff's Annalen Bd. 102, p. 167.

[2]) Archiv für Ophthalmologie Bd. 5, p. 180.

welche man kleine nahe Gegenstände bei schwacher Convergenz der Sehachsen wahrnimmt. Etwas später [1]) empfahl er eine ähnlich wirkende Lesebrille.

In dieser Abhandlung soll nun eine andere ebenfalls dioptrische Methode zur Regulirung der Convergenz der Sehachsen mitgetheilt werden. Sie besteht darin, dass man ein paar gegeneinander geneigter planparalleler Glasplatten vor die Augen legt.

Ich will diesen Fall darum behandeln, weil er Gelegenheit bietet, mit ein und demselben Apparat den Convergenzwinkel bald zu vergrössern, bald zu verkleinern und so den Einfluss der verschiedenen Convergenzgrade auf unser Urtheil über Grösse und Tiefendistanz der Objecte leicht und anschaulich zu demonstriren.

Ausserdem werden sich einige die Lehre vom Körpersehen betreffende Versuche daran knüpfen lassen.

Es ist bekannt, dass eine planparallele Glasplatte, schräg gegen die Gesichtslinie des Auges gehalten die gesehenen Gegenstände verschiebt.

Die Grösse und die Richtung der scheinbaren Verschiebung ist abhängig von der Dicke der Platte, von dem Brechungsexponenten des Glases und von der Neigung der Lichtstrahlen gegen die Fläche der Platte.

Ich denke mir vor die zwei Augen ein Paar gleicher planparalleler Glasplatten in der in Fig. 1 dargestellten Weise. Es werde ein gerade vor dem Beobachter liegender leuchtender Punkt F vor dem einen Auge nach l, vor dem andern nach r verschoben. Fällt die Sehachse des einen Auges mit Ll, die des andern mit Rr zusammen, so wird der Punkt F in beiden Augen auf dem centrum retinae abgebildet, d. h. durch die Platten hindurch mit zwei Augen einfach gesehen, aber unter einem andern Convergenzwinkel der Sehachsen als mit freien Augen. Wie sich sofort ergiebt, ist $< LKR$ um $\gamma + \gamma = 2\,\gamma$ grösser als $< LFR$.

Die entgegengesetzte Wirkung, eine Abnahme des Convergenzwinkels, wird sich ergeben, wenn man sich die Platten in der

---

[1]) Wiener med. Wochenschrift, 1860. Nr. 23.

Fig. 2 dargestellten Weise vor die Augen legt. $< LK'R$ ist um $\gamma' + \delta' = 2\gamma'$ kleiner als $< LF'R$.

Ich will jetzt noch zeigen, wie man sich von der Grösse der Wirkung eines bestimmten Plattenpaares genauere Kenntniss verschaffen kann.

Es geht dies am einfachsten, wenn man für beliebig angenommene, hinter dem Plattenpaare statthabende Augenstellungen, das centrum retinae jedes Auges als leuchtenden Punkt ansieht. Der Punkt des Raumes, in welchem sich die vom centrum retinae ausgehend gedachten Sehstrahlen nach ihrer Verschiebung vor dem Plattenpaare schneiden, ist offenbar der fixirte Punkt, die scheinbare Verschiebung dieses Punktes ist aber der für die Verschiebung des centrum retinae gefundenen Grösse gleich, wie ein Blick auf Fig. 1 und 2 zeigt.

$$Fl = pq \quad , \quad Fr = st$$
$$F'l' = p'q' \quad , \quad F'r' = s't'.$$

Man kann nun die Grösse der Verschiebung, den Unterschied der Convergenzwinkel und die Entfernung des fixirten Punktes vom Mittelpunkt der Grundlinie leicht ermitteln, unter folgenden Voraussetzungen:

1. Der Scheitel des angenommenen Convergenzwinkels fällt in das auf dem Mittelpunkte der Grundlinie errichtete Perpendikel.

2. Der Neigungswinkel der Platten gegen diese Medianlinie der Visirebene ist bekannt.

3. Die Dicke der Platten und

4. der Brechungsexponent des Glases sind bekannt.

Dann ist:

I. Wenn die Platten liegen, wie in Fig. 1

$$Fl = h \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}$$

nach einer von Helmholtz [1]) abgeleiteten Formel, in welcher h die Dicke der Platte bedeutet, α und β die aus Fig. 1 leicht ersichtliche Bedeutung haben.

---

[1]) Physiologische Optik p. 10 u. Fig. 2.

Die zur Berechnung von Fl nöthigen Stücke finde ich:

A. den Winkel α aus

$$\alpha = \frac{\varphi}{2} - w + 90;$$

$\frac{\varphi}{2}$ bedeutet den halben Convergenzwinkel, w den Neigungswinkel d Glasplatten gegen die Medianlinie der Visirebene, welcher ein f allemal auf beiden Seiten gleich sein soll.

B. den Winkel β aus

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n};$$

n bedeutet den Brechungsexponenten des Glases.

Ist Fl bekannt, so ergiebt sich der Unterschied der Conve winkel 2γ aus

$$\text{tang } \gamma = \frac{Fl}{Ll}$$

Durch Auflösung der rechtwinklichen Dreiecke FlK und KCL er man die zur Berechnung von tang γ nöthigen Stücke und kann Abstand des fixirten Punktes vom Mittelpunkt der Grundlinie bestim

II. Wenn die Platten liegen, wie in Fig. 2, hat man

$$F'l' = h \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}$$

A. α ergiebt sich aus:

$$\alpha = 90 - \frac{\varphi}{2} - w.$$

B. β aus:

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n}.$$

Ist $F'l'$ bekannt, so ergiebt sich $2\gamma'$ aus

$$\text{tang } \gamma' = \frac{F'l'}{L'l'}.$$

Durch Auflösung der rechtwinklichen Dreiecke $F'l'K'$ und $K'CL$ er man die zur Berechnung von tang γ' nöthigen Stücke und kann Abstand des fixirten Punktes vom Mittelpunkt der Grundlinie bestim

Eine Anwendung der aufgestellten Formeln wird man in Fä

machen, wo es sich darum handeln sollte, zwei Plattenpaare von verschiedenem Brechungsexponenten und verschiedenem Neigungswinkel mit einander zu vergleichen. Mir werden sie bei messenden Versuchen, welche ich in einem späteren Abschnitte mittheilen will, gute Dienste leisten.

Hat das Vorhergehende dazu gedient eine Einsicht in die Wirkung gegen einander geneigter planparalleler Glasplatten beim binoculären Sehen zu eröffnen, so soll das Nachfolgende eine Zusammenfassung derjenigen Beobachtungen und Versuche abgeben, welche mit Hülfe mässig dicker Plattenpaare anzustellen mir empfehlenswerth erscheint.

Ich habe es für alle Fälle zweckmässig gefunden, das zu benützende Plattenpaar mit einem Apparat zu verbinden, welchen ich vorerst beschreiben will.

Ein Holzrahmen, 366 Millim. hoch, 234 Millim. breit, kann in einem etwas grösseren Rahmen, der, um festzustehen, auf 2 Füssen ruht, um eine verticale Achse gedreht werden (siehe Fig. 3). In der Lichtung des kleinen Rahmens ruht auf einem Querbalken das Plattenpaar.

Meine Platten haben eine Dicke von 21·5 Millim. Sie sind aus Crownglas geschliffen, dessen Brechungsindex relativ zur Luft von mir auf 1·52 bestimmt wurde [1]).

Ihr Querschnitt ist rhomboïdisch, die lange Seite = 33 Millim., die spitzen Winkel = 45 Grad, die Platten werden mit ihren schmalen Seitenflächen an einander gelegt, bilden also mit einander einen rechten Winkel (Fig. 4). Das Plattenpaar befindet sich in einer dünnen Fassung aus schwarzem Blech, um die Spiegelung benachbarter Gegenstände thunlichst zu beschränken.

Die Fassung ist dem gewählten Plattenpaare angepasst im Uebrigen von der in Fig. 3 *P* gezeichneten Form.

Ein Kästchen von vier Wänden begrenzt, hinten und vorne offen, durch eine verticale Scheidewand in 2 Abtheilungen gebracht.

---

[1]) Die Wahl gerade dieser Platten ist rein zufällig. Der Optiker hatte sie eben vorräthig.

Die obere Wand hat die Form des Durchschnittes einer bicon
caven Linse. Der vordere und hintere Ausschnitt entspricht beiläufig
der Wölbung der Stirne. Die untere Wand hat dieselbe Form wie
die obere, ihre Dimension von vorne nach hinten ist aber grösser und
zwar um die Tiefe zweier V-förmiger Einschnitte für die Nase. Der
eine befindet sich vorne, der andere hinten, genau in der Mitte des
betreffenden Randes.

Die punktirten Linien in der Figur vergegenwärtigen die Lage
der Platten.

Der äussere grössere Rahmen des Apparates trägt ein seine obere
Wand genau in der Mitte unter einem rechten Winkel kreuzendes
Lineal, auf diesem ist eine Millimetertheilung angebracht. Vom Rah-
men angefangen bis nahe an sein vorderes auf einem Halter ruhendes
Ende ist es von einem viereckigen Spalt durchbrochen [1]).

In diesem werden mittelst passend zugeschnittener Korke die zu
beobachtenden Objecte befestigt.

1. Das Object, ein vollkommen gerader Stahlstab, befinde sich
in einer Entfernung von etwa 350 Millim. vor den Rahmen. Die Lage
der Glasplatten entspricht dem Schema Fig. 1. Sieht man nun durch
die Platten auf den Stab, so bemerkt man eine auffallende Annäherung
desselben. Diese tritt sogleich in unzweifelhafter Deutlichkeit hervor,
so wie man den Kopf in eine Lage bringt, bei der die eine Hälfte
des Stabes frei, d. h. über die Platten hinweg, die andere Hälfte aber
durch die Platten hindurch gesehen wird.

Man sieht dann den Stab in zwei Theile zerspalten, von welchen
der durch die Platten gesehene Theil um Vieles näher liegt als der
über den Platten hinweg wahrgenommene.

Das Plattenpaar bewirkt in diesem Falle eben eine Vergrösserung
des Convergenzwinkels und darum beurtheilen wir den durch die Platten
gesehenen Theil des Stabes als uns näher gerückt.

2. Dreht man jetzt den innern Rahmen um 180 Grad, so dass

---

[1]) Will man dieses Lineales, dessen eigentlicher Zweck später ersichtlich werden
soll, entbehren, so kann man die Objecte einfach auf Korke stecken und in be-
stimmten Entfernungen von der Mitte der Rahmen aufstellen.

also die Lage der Platten dem Schema Fig. 2 entspricht und sieht wieder auf den Stab, so zeigt sich derselbe in die Ferne gerückt und wenn man wie in 1 zum Theile durch, zum Theile über die Platten hinweg sieht, so erscheint der Stab wieder in zwei Theile zerspalten, von denen der durch die Platten gesehene Theil viel weiter entfernt liegt als der andere, wie dies, da die Platten jetzt eine Verminderung des Convergenzwinkels bewirken, der bekannten Lehre zufolge der Fall sein muss.

Hat man in den früheren Versuchen auf die Dicke des Stabes geachtet, so hat man im ersten Falle eine Verdünnung, im zweiten Falle eine Verdickung des durch die Platten gesehenen Theiles wahrgenommen.

Indess sind die Unterschiede bei der überhaupt geringen Dicke des Stabes wenig auffallend. Es ist daher zweckmässig in dieser Beziehung sich noch anders einzurichten.

3. Ueber den Stab wurden zu dem Ende zwei genau gleich grosse oblonge Querhölzer von 103 Millim. Länge und 17 Millim. Höhe geschoben. Der Stab läuft durch eine genau in der Mitte der Hölzer angebrachte Bohrung und kreuzt dieselben rechtwinklig. Sieht man nun, während die Platten wie in 1 liegen, auf den Stab und hat die Querhölzer so weit aus einander geschoben, dass eines derselben durch das Plattenpaar, das andere über dasselbe hinweg wahrgenommen wird, so sieht man ein näher und ein entfernter liegendes Kreuz, und das erstere nimmt sich auffallend kleiner aus als das letztere (Fig. 5).

4. Dreht man jetzt den inneren Rahmen um 180 Grad, so erscheint das früher angenäherte Kreuz in die Ferne gerückt und vergrössert.

Es zeigt sich also in unseren Versuchen auch der Einfluss des Convergenzgrades der Sehachsen auf das Urtheil über die Grösse der Objecte in vollster Deutlichkeit.

5. H. Meyer [1]) hat gezeigt, dass man die mit der Aenderung des Convergenzwinkels zusammenfallenden Vergrösserungen und Verkleinerungen der Gesichtsobjecte auf keine Weise herleiten kann aus

[1]) L. c.

Dimensions-Aenderungen der Netzhautbilder, d. h. dass man sie physikalisch nicht erklären kann, sondern, dass psychische Momente, welche sich der weiteren Analyse entziehen, hier in Betracht kommen.

Von grösstem Interesse ist nur die Consequenz in unserer Beurtheilung von Tiefendistanz und Grösse der Objecte.

Die Gültigkeit des eben Erörterten kann man sich an unserem Apparate, so zu sagen, vor die Augen führen. Man braucht nur in den unter 3 und 4 beschriebenen Versuchen abwechselnd ein Auge, sei es das rechte, sei es das linke, zu schliessen und zu öffnen.

Schliesst man das eine Auge, so erscheint dem andern das frei und das durch die Platte gesehene Kreuz sofort gleich gross, das Letztere nur entsprechend seitlich verschoben.

Oeffnet man nun das Auge wieder und sieht mit beiden Augen in der unter 3 und 4 beschriebenen Weise auf das Object, so sieht man auch sofort wieder zwei durch Grösse und Entfernung auffallend verschiedene Kreuze.

Der erste Theil des Versuches beweist, dass die Netzhautbilder beider Kreuze gleich gross sind.

Der zweite Theil zeigt, dass wir uns trotz der gleichen Netzhautbilder die Kreuze verschieden gross vorstellen, so wie wir einmal urtheilen, dass das eine Kreuz uns näher liegt als das andere.

6. In den Versuchen 1 und 2 sieht man, wenn der als Object dienende Stab sich in einer grösseren Entfernung vom Rahmen befindet, beide Stücke des zerspaltenen Stabes beim unbefangenen Schauen gleichzeitig einfach. Ich muss bemerken, dass ich nur von Entfernungen spreche, bei welchen man noch vollkommen deutlich den körperlichen Effect, d. h. in unserem Falle die verschiedene Tiefendistanz der zwei Stücke des zerspaltenen Stabes wahrnimmt. Nur beim scharfen Fixiren des einen Theiles wird der andere doppelt gesehen.

Eine solche Fixation des einen Theiles mit gleichzeitig vorhandenem Doppeltsehen des anderen, gelingt immer leichter und leichter, so wie man den Stab ganz allmälig in immer geringere Entfernungen einstellt.

Das Letztere erklärt sich leicht aus der Thatsache, dass der Umfang der Drehung, welche jedes einzelne Auge machen muss, um

von dem näher gelegenen Punkt auf den entfernteren oder umgekehrt einzustellen, immer grösser wird, je näher das Object an das Auge heranrückt.

Ich konnte den Sachverhalt bei unseren einfachen obigen Versuchen nicht übergehen, muss aber jetzt hinzufügen, dass ich ihm keine allzugrosse Bedeutung für die Lehre vom einfachen, körperlichen Sehen beilege und zwar deshalb, weil die meisten mit physiologischen Versuchen Vertrauten, eben in der Perception von Doppelbildern gerade hinter einander gelegener, stabförmiger Objecte eine besondere Uebung besitzen.

Ich erinnere hier an den bekannten Stecknadelversuch, der auch Meissner zum Ausgangspunkte seiner Untersuchungen über die Doppelbilder diente.

Passender sind schon die Versuche 3. und 4. Man sieht dabei zwei hinter einander stehende Kreuze, allein auch hier gelingt es noch mit geringer Mühe, die Doppelbilder des verticalen Schenkels eines der Kreuze wahrzunehmen.

Viel erheblicher scheint mir das Folgende:

Ich stelle etwa in eine Entfernung von 350 Millim. vor dem Rahmen eine Stricknadel ein auf dieselbe Weise, wie in den früheren Versuchen den Stab.

Das untere Ende dieser Nadel liege in einer Höhe mit der oberen Wand unserer Plattenfassung, dann stecke ich lothrecht in einen Kork zwei Stricknadeln etwa 50 Millim. von einander entfernt, und stelle sie von untenher, so neben der zuerst angebrachten Stricknadel auf, dass alle drei Nadeln in einer Ebene liegen, dass ferner die obere Nadel genau in die Mitte der unteren zu liegen kommt, und dass sich endlich das obere Ende der unteren Nadeln in einer Höhe mit dem unteren Ende der oberen Nadel befindet, dann bringe ich den Kopf möglichst nahe hinter den Platten in eine solche Lage, dass die obere Nadel nur über den Platten hinweg und die unteren Nadeln nur durch die Platten hindurch gesehen werden können und festige nöthigenfalls den Kopf in seiner Lage durch eine passende Kinnunterlage.

Auf diese Weise erhalte ich von den drei Nadeln einen deutlich

körperlichen Effect, indem die zwei durch die Platten gesehenen Nade aus der Ebene der dritten heraustreten.

Die drei Nadeln würden, dächte ich mir ihre betreffenden oberen und unteren Enden verlängert, die Kanten eines dreiseitigen Prism vorstellen.

Dieses Prisma kehrt dem Beobachter je nach der Lage der Pla entweder eine Fläche oder eine Kante zu. Das erstere ist der F wenn die Platten wie in Fig. 1 liegen, das letztere wenn sie wi Fig. 2 liegen, durch eine Drehung des inneren Rahmens um 180 G wird bald der eine, bald der andere Fall in die Erscheinung tre Insbesondere für diesen Versuch, in geringerem Grade aber auch alle übrigen ist es vortheilhaft, wenn die zu besehenden Objecte vor einer weissen Wand befinden. In Fig. 6 *a* wurden die Na in ihrer natürlichen Lage dargestellt. *b* und *c* sollen die Lage selben bei unseren Versuchen anschaulich machen.

Der eben beschriebene einfach körperliche Effect der drei Na ist so aufdringlich, dass es mir wenigstens nur bei forcirtem Fix einer Nadel gelingt, das Vorhandensein von Doppelbildern wah nehmen. Zur Erklärung dieses Versuches bemerke ich, dass der E druck einer Tiefendistanz in diesem Falle offenbar ursprünglich p ducirt wird durch den Uebergang von einem Convergenzwinkel einem andern. Wird aber der Eindruck der Tiefendistanz ein daue und werden die unter verschiedenen Convergenzwinkeln erscheine Objecte gleichzeitig einfach gesehen, d. h. kommt es zu einem ein körperlichen Effect, wie in unserem Falle, so muss auch der Ue gang von einem Convergenzwinkel zum anderen sich rasch auf ein immer und immer wiederholen.

Man kann nicht umhin in diesen Versuchen ein Parallelreib bekannten stereoskopischen Erscheinungen zu sehen, und es sch mir, dass sie noch durchsichtiger sind als diese und noch wen Zweifel darüber lassen, wie sie zu erklären seien.

7. Man kann mit Hülfe der früher aufgestellten Formeln le für verschiedene angenommene Convergenzwinkel die Entfernung durch die Platten fixirten Punktes vom Mittelpunkte der Grundli berechnen.

Giebt man nun dem Mittelpunkte der Grundlinie ein für allemal eine fixe Lage, so kann man das zu beobachtende Object in die durch Rechnung ermittelte Entfernung einstellen.

Das Object sei wie in 1 ein Stahlstab. Derselbe muss vollkommen gerade sein und wird bei diesem Versuche von einem in den Ausschnitt des getheilten Lineales passenden Holzknauf getragen. Der Knauf Fig. 7 ist von untenher eingeschnitten und von einer Drahtachse durchzogen, an welcher der Stab mittelst eines Oehres aufgehängt ist, so dass er stets eine lothrechte Lage bewahrt.

Die frei auslaufenden Enden der Drahtachse dienen als Zeiger auf der Millimetertheilung des Lineales.

Während man nun den Stab wie in 1 und 2 betrachtet und den durch die Platten gesehenen Theil des Stabes entweder angenähert oder entfernt sieht, kann man vor oder hinter dem ersten Stabe einen zweiten verschiebbar anbringen.

Der zweite Stab soll kürzer sein als der erste und sein unteres Ende sich in einer Höhe mit der oberen Wand der Plattenfassung befinden. Man kann nun diesen zweiten Stab, welchen man nur über die Platten weg sehen soll, so lange hin- und herschieben, bis sein unteres Ende genau auf das obere Ende des verschobenen Stückes des ersten Stabes trifft, d. h. bis der eine in der Verlängerung des andern zu liegen scheint, und kann nun sehen, ob die Entfernung des zweiten Stabes bei dieser Einstellung mit dem durch Rechnung ermittelten Abstand des Kreuzungspunktes der Sehachsen zusammenfällt, ob also die bekannte Voraussetzung, dass wir den scheinbaren Ort der sich deckenden Doppelbilder in den Kreuzungspunkt der Sehachsen verlegen, sich in unserem Versuch bewahrheitet.

Zunächst soll Fig. 8 zur Erläuterung des Gesagten dienen, OP sei das getheilte Lineal, C die Projection des Mittelpunktes der Grundlinie, F die Projection des ersten Stabes A, K die zusammenfallende Projection des zweiten Stabes B und des verschobenen Stückes A' des ersten Stabes auf OP, FC entspricht der Entfernung, in welcher man den Stab A einzustellen hat, KC der Entfernung des verschobenen Stückes des Stabes A.

Vor der Ausführung des Versuches handelt es sich darum, w
man dem Mittelpunkte der Grundlinie eine wenigstens annähernd c
stante Lage geben soll.

Dabei leitet mich folgende Betrachtung. Ich messe den Abst
meiner Pupillen bei parallelen Sehachsen und zweitens messe ich
derselben Augenstellung den Abstand des Hornhautmittelpunktes
einer genau in der Mitte des Nasenrückens angebrachten Marke.

Ich erhalte auf diese Weise zwei Grössen, mit deren Hülfe
den Abstand der Marke vom Mittelpunkte der die Hornhautsch
verbindenden Geraden berechnen kann.

Ich fand den Abstand der Pupillen bei parallelen Sehachsen
Millim., dieser ist aber gleich [1]) dem Abstand der Hornhautsch
a b Fig. 9. Den Abstand der Marke vom Hornhautscheitel fand
35 Millim., also

$$md = \sqrt{(35)^2 - (31{\cdot}5)^2} = 15{\cdot}26.$$

Letztere Grösse vermehrt um die halbe Augenachse, diese
11·32 Millim. [2]) angenommen, ergiebt $mC = 26{\cdot}58$, d. i. den Abs
der Marke vom Mittelpunkte der Grundlinie.

Nachdem diese Bestimmungen gemacht sind, kitte ich in das
theilte Lineal einen unbiegsamen vollkommen geraden Stab *S* F
(ich benutze einen Glasstab) ein, welcher lothrecht nach ab
gerichtet ist, dessen unteres Ende in einer Höhe mit der oberen W
der Plattenfassung 10 Millim. von der Mitte des hinteren R
entfernt sich befindet.

Dieses untere Ende von *S* wird nun während des Vers
genau auf die Marke am Nasenrücken eingestellt, während der
durch eine passende Kinnunterlage fixirt wird. 26·58 Millim.
dem Punkte, in welchem *S* durch das Lineal läuft, ist der Null
der Theilung aufgetragen, er entspricht der Projection des Mittelp
der Grundlinie auf *OP*. Von hier aus werden, wie es das Verf
erheischt, die übrigen Distanzen abgelesen.

---

[1]) Natürlich ist hiebei die von Helmholtz nachgewiesene geringe Schi
lung der Hornhaut vernachlässigt.

[2]) H. Achse des schematischen Auges.

Ein nochmaliger Blick auf Fig. 8 wird das ganze Verfahren verdeutlichen, man sieht dort den Apparat mit dem Beobachter schematisch von der Seite.

Die Ausführung der Versuche selbst fordert eine grosse Genauigkeit. Der ganze Apparat muss in passender Erhöhung aufgestellt werden und man muss sich bei vollkommen ruhigem Herabhängen der Stäbe durch wiederholtes Uebergehen von einer Fixation zur andern und gleichzeitiger Berücksichtigung der Doppelbilder von der richtigen Einstellung des verschiebbaren Stabes überzeugen. Die folgende Tabelle enthält einige für das oben beschriebene Plattenpaar gewonnene Rechnungsresultate.

Für dieses Plattenpaar hat man, wie angegeben,

$$h = 21{\cdot}5 \text{ Millim.}, \quad n = 1{\cdot}52, \quad w = 45^0,$$

die Länge der Grundlinie LR ist in den Rechnungen = 63 Millim. gesetzt, 1, 2, 3 beziehen sich auf das Plattenpaar, wenn es liegt wie in Fig. I — 4, 5, 6 wenn es liegt wie in Fig. II.

Nr.	Angenommene Convergenzwinkel	Seitliche Verschiebung in Millim.		Unterschied der Convergenz-Winkel		Abzusteckende Entfernung des Stabes A in Millim.	
	φ	Fl	$F'l'$	2γ	$2\gamma'$	FC	$F'C$
1	20^0	9·722	—	$4^0 42' 26''$	—	234·632	—
2	16	9·180	—	3 36 20	—	290·093	—
3	12	8·659	—	2 35 6	—	382·529	—
4	18	—	5·344	—	$3^0 39' 6''$	—	164·725
5	14	—	5·731	—	3 6 0	—	209·520
6	10	—	6·134	—	2 24 42	—	289·688

Für dieselben Convergenzwinkel beträgt die Entfernung des Kreuzungspunktes der Sehachsen vom Mittelpunkt der Grundlinie:

Convergenz-Winkel	Entfernung des Kreuzungspunktes
20^0	178·645
18	198·883
16	224·134
14	256·547
12	299·703
10	360·047

Ich fand nun in der That die beste Einstellung des Stabes *B* immer in einer Entfernung, welcher von dem durch Rechnung ermittelten Abstand des Kreuzungspunktes des Sehachsen nur um 2 bis 4 Millim. differirte, über diese Grenzen hinaus machte sich nach der einen so wie nach der andern Richtung mit wachsender Deutlichkeit ein Auseinanderweichen des unteren Endes von *B* und des oberen Endes von *A'* bemerkbar, indem je nach der Richtung, in welcher *B* verschoben wurde, bald das untere Ende von *B* näher lag als das obere Ende von *A'*, bald der umgekehrte Fall eintrat.

Es ist dies eine merkwürdige Uebereinstimmung, wenn man die mannigfachen Fehlerquellen berücksichtigt, welche unser Verfahren nothwendig in sich schliesst.

Uebrigens liesse sich das ganze Verfahren noch um vieles schärfer ausführen, wenn erstens der Brechungsexponent der Platten bis auf mehrere Decimalstellen genau bestimmt würde, wenn man zweitens anstatt der Stahlstäbe sehr feine, durch mikrometrische Vorrichtungen verschiebbare Fäden anbrächte und wenn man endlich drittens ophthalmometrische Bestimmungen der individuellen Augen zu Grunde legte.

Da ich die letzteren bis jetzt nicht besitze und überdies die Construction sehr complicirter Messvorrichtungen nothwendig wäre, so begnügte ich mich mit einer annähernden Genauigkeit.

8. Helmholtz [1]) hat bekanntlich die Wirkung des Telestereoskopes zurückgeführt auf eine Verlängerung der Grundlinie.

Ein Telestereoskop, dessen äussere grosse Spiegel 1 Meter von einander entfernt sind, verlängert die Grundlinie gleichsam bis zu 1 Meter Länge. Die Wirkung unseres Plattenpaares lässt sich ganz eben so zurückführen auf eine Aenderung in der Länge der Grundlinie und zwar bewirkt das Plattenpaar Fig. 1, wie sich aus der Construction von selbst ergiebt, gleichsam eine Verlängerung der Grundlinie, das Plattenpaar Fig. 2 hingegen eine Verkürzung.

Das Plattenpaar in seiner ersten Lage ist ein Analogon des Telestereoskopes, ohne dass es sich deshalb auch eignen würde, die grossartigen Effecte jenes Instrumentes zu erzielen.

---

[1]) L. c.

In dem Telestereoskope, dessen Wirkung sich auf eine Verlängerung der Grundlinie bis zu 1 Meter Länge zurückführen lässt, erscheint nach dieser einfachen Voraussetzung unter einem Convergenzwinkel von 20 Grad ein Punkt, der 2835·641 Millim. vom Mittelpunkte der Grundlinie entfernt liegt.

Bei unserem Plattenpaare erscheint, wie oben angeführt wurde, unter demselben Convergenzwinkel schon ein Punkt, der nur 234·632 Millim. vom Mittelpunkte der Grundlinie entfernt liegt.

Es soll hier nur auf einen Versuch hingewiesen werden, welcher jedem Beobachter die mit der verschiedenen Lage zusammenfallende verschiedene Wirkungsweise des Plattenpaares schön versinnlicht. Er besteht darin, dass man vor das Plattenpaar einen Planspiegel bringt und durch die Platten sich in demselben besieht.

Liegt das Plattenpaar wie in Fig. 1, so sieht man den Kopf im Spiegelbild in allen seinen Theilen verkleinert, die hinter den Platten befindlichen Augen aber weit auseinander geschoben, also die Grundlinie gleichsam verlängert.

Das letztere darum, weil die von den Augen ausgehenden und am Spiegel reflectirten Strahlen vor ihrer Reflexion je eine der Glasplatten zu passiren hatten. Verkleinert erscheint das ganze Spiegelbild, weil es eben durch die Platten hindurch gesehen wird.

Dreht man nun das Plattenpaar in unserem Apparat um 180 Grad, so dass also die Platten liegen wie in Fig. 2, während der Spiegel in derselben Entfernung aufgestellt bleibt, so sieht man den Kopf im Spiegelbilde in allen seinen Theilen vergrössert, die hinter den Platten befindlichen Augen aber enge zusammengeschoben, also die Grundlinie gleichsam verkürzt und überdies liegt das Spiegelbild weiter entfernt als im früheren Versuche. Alles dieses erklärt sich wieder leicht aus der veränderten Lage der Platten und dem Gange der Lichtstrahlen.

Unter dieser Nummer will ich auch noch auf eine beachtenswerthe Thatsache hinweisen, welche mir sowohl aus den Versuchen, die man mit Helmholtz's Telestereoskop, als auch aus jenen, die man mit unserem Plattenpaare anstellen kann, hervorzugehen scheint,

dass wir nämlich mit einer merkwürdigen Feinheit der Unterscheidung verschiedene Lagen der Sehachsen, die aber alle dem symmetrischen Parallelismus derselben sehr nahe kommen, als verschiedene Elemente in unsere Beurtheilung der Tiefendistanz der Objecte aufnehmen.

9. Zum Schlusse will ich nur kurz andeuten, dass vielleicht auch die Ophthalmologen aus der Anwendung von Platten oder Plattenpaaren Nutzen ziehen können und zwar, wie mir scheint, in Fällen des Schielens, wo man das methodische Vorlegen von Prismen, mit wechselnder Grösse des brechenden Winkels empfahl. Ja man könnte bei den betreffenden Individuen vielleicht Sehübungen mittelst drehbarer vor den Augen angebrachter Platten bei Fixation eines bestimmten Punktes vornehmen lassen.

VIII.

Ueber die entoptische Wahrnehmung der Stäbchen- und Zapfenschicht (Membrana Jacobi Retinae).

Vorläufige Mittheilung.

Von

Prof. **Joh. Czermak** [1]).

„So lange eine Beobachtung im Reiche der Naturkunde isolirt steht, so lange sie nicht in mehrfachen Beziehungen zu anderen mehr oder weniger wichtigen Erfahrungen und Anwendungen gekommen ist und durch Einwirken in das übrige System eine Art Charakter und Rang erworben hat, ist sie immer in Gefahr entweder längere Zeit ganz unbeachtet zu bleiben, oder wenn sie sich anfangs durch eine neue Erscheinungsweise aufgedrungen hat, wieder in Vergessenheit zu gerathen, bis im ununterbrochenen Entwickelungsgange des Wissens die ihr nächst verwandten Gegenstände mehrfach auf sie deuten und sie endlich in die ihr gebührende Stelle aufnehmen, wo sie dann erst in dem ihr zukommenden Lichte der Wissenschaft steht, um nie wieder in die Finsterniss der Verborgenheit zurückzukehren.“

Mit diesen Worten hat Purkyne [2]) treffend das Schicksal der

---

[1]) Aus dem XLI. Bande der Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

[2]) Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Bd. I. Calve, Prag 1823, pag. 37.

meisten seiner zahlreichen und überraschenden Funde im Reiche des subjectiven Sehens vorausgesagt. Der durch ihn gehobene reiche Schatz von Beobachtungen gerieth in der That — (trotz des grossen Aufsehens, welches Purkyne's Leistungen seiner Zeit machten, wie die ehrenvolle Anerkennung und schmeichelhafte Beachtung beweist, welche Göthe der genialen Persönlichkeit des Autors zuwendete) — nach und nach zum grossen Theil fast ganz in Vergessenheit, weil man nichts weiter damit anzufangen wusste.

Während der vierzig Jahre, die seit dem ersten Erscheinen der citirten Dissertation verflossen, haben wenige Forscher eine Veranlassung gehabt und die Mühe aufwenden wollen, die meist anstrengenden und zum Theil die Gesundheit des Sehorgans gefährdenden subjectiven Sehversuche Purkyne's zu wiederholen und zu erweitern, und jenes phantastische Reich des subjectiven Sehens aus eigener Anschauung genauer kennen zu lernen; — ja selbst die Beschreibung einzelner dieser Erscheinungen ist in die wenigsten Lehrbücher der Physiologie aufgenommen worden.

Erst in der neuesten Zeit hat man wieder versucht, manche dieser Erscheinungen zu studiren und physiologisch zu verwerthen.

Ich erinnere an die sinnreiche Anwendung, welche H. Müller von der sogenannten „Aderfigur" gemacht hat, um die Netzhautelemente zu finden, welche die Lichtperception eigentlich vermitteln; an die kostbaren Daten über die Geschwindigkeit des Capillarkreislaufes im Menschen, welche Vierordt durch Beobachtung des entoptisch „sichtbaren Blutumlaufes im Auge" zu erhalten wusste und endlich an meine eigenen Bemühungen aus der Erscheinung des „Accommodationsphosphens" gewisse Momente des Accommodationsmechanismus zu erläutern.

Es sei mir erlaubt, hier eine vorläufige Mittheilung über einen neuen Versuch dieser Art zu machen, und jene zierliche Erscheinung, welche Purkyne, l. c. pag. 10, unter dem Namen der „Lichtschattenfigur" des Auges beschreibt und abzubilden versucht, der Beachtung der Physiologen zu empfehlen.

Wird das Auge in raschem Wechsel erhellt und verdunkelt, so füllt sich alsbald das ganze Gesichtsfeld mit einer überaus zierlichen schachbrettartigen Zeichnung von lichten und schattigen viereckigen

Felderchen, welche von der Peripherie gegen das Centrum an Grösse ab und an Schärfe zunehmen. Auf dieser „primären“ Zeichnung erscheinen dann in wechselnder Folge „secundäre“ Gestalten (der „Achtstrahl“, das „Schneckenrechteck“ u. s. w.), deren Beschreibung l. c. nachzusehen ist, da ich hier nur die „primären“ näher betrachten will.

Um die äussere Bedingung der Erscheinung bequem zu beherrschen, gebrauche ich eine grosse Pappscheibe, welche nahe am Rande in gleichen Abständen von etwa 3 Zoll, eine einfache Reihe von 12 länglich viereckigen Oeffnungen (8 Linien Höhe, 4 Linien Breite) trägt und um eine horizontale Achse leicht gedreht werden kann.

Den Versuch stellte ich so an, dass ich mit den Augen durch die Oeffnungen der in rasche Rotation versetzten Pappscheibe in den Himmel oder in eine nahe vor's Gesicht gesetzte Milchglasglocke einer hellbrennenden Lampe starre. Purkyne erzeugte den Wechsel von Licht und Schatten, indem er mit den auseinander gespreizten Fingern der Hand vor den Augen auf- und abfuhr, oder indem er auf eine mit schwarzen und weissen Segmenten bemalte rotirende Scheibe oder zwischen den Speichen eines gedrehten Rades hindurch auf einen hellen Hintergrund blickte.

Unter diesen Umständen entsteht alsbald die „Lichtschattenfigur.“

Je nach der Dauer des Versuches und der Schnelligkeit des Wechsels von Licht und Dunkelheit, treten subjective Färbungen der Schachbrettfelder, Blendungserscheinungen im Auge und Wettstreit der Sehfelder auf.

Es kommt zu einem unregelmässigen Wechsel der „primären“ und „secundären“ Gestalten und es gehört einige Uebung im Selbstbeobachten dazu, sich in dieser phantastischen Bilderjagd zu orientiren und das Constante in der Mannigfaltigkeit und Wandelbarkeit der Erscheinung zu fixiren.

Schon Purkyne bemühte sich in der feineren Structur des Auges irgend welche Anhaltspunkte zur Erklärung der Grundformen seiner Lichtschattenfigur zu finden (l. c. pag. 43); „bald zerfaserte er die getrocknete Krystalllinse, bald betrachtete er die Körnchen des gefrorenen Glaskörpers, bald untersuchte er mikroskopisch die Netzhaut und ihre Markkügelchen“, aber nirgends fand er genügende Erklärungsgründe.

Hätte Purkyne damals schon die durch Huschke und Treviranus mehr als ein Decennium später entdeckten Elemente der Stäbchen- und Zapfenschicht in ihrer wunderbar regelmässigen Anordnung kennen können, er würde unzweifelhaft seinen frappanten und geistreich durchgeführten Vergleich mit Chladni's Klangfiguren nicht bis zur völligen Analogie beider Vorgänge gesteigert, sondern die Structur der Zapfen- und Stäbchenschicht in eine nähere Beziehung mit der Lichtschattenfigur gebracht haben.

Ich bin fest überzeugt, dass Niemand die „primären" Gestalten dieser Figur sehen kann ohne an jene erinnert zu werden und einen Zusammenhang zwischen beiden zu ahnen, um so mehr als man seit Bruecke weiss, dass jene histologischen Elemente auch ein Spiegelungsapparat sind.

Indem ich in dieser Richtung weiter forschte, gelang es mir eine Form der „primären" Gestalten hervorzubringen, welche jeden Zweifel zum Schweigen bringen musste.

Ich sehe nämlich constant und mit vollster Deutlichkeit — wenn ich den Versuch einige Zeit fortsetze und die rotirende Pappscheibe eine mittlere Drehungsgeschwindigkeit erlangt hat — im Bereiche des directen Sehens (*macula lutea*) die hier sehr feinen Viereckchen der Purkyne'schen Schachbrettfigur allmälig einer scharfgezeichneten regelmässigen *Mosaik* von kleinen *runden* Scheibchen Platz machen.

Die Scheibchen stehen dicht gedrängt und lassen nur ganz schmale Zwischenräume oder Trennungslinien zwischen sich, erstere sind von geringerer, letztere von grösserer Helligkeit.

Das Auftreten dieser Mosaik wird durch Anstrengung der Augen zum Nahesehen begünstigt. Das mit dieser Mosaik erfüllte Feld ist zuweilen unregelmässig begrenzt, zuweilen hat es die Form einer liegenden Raute; es wechselt Umriss und Ausdehnung wie beim Wettstreit der Sehfelder. Die Scheibchen, welche die Mosaik zusammensetzen, erscheinen stets unter einem grösseren Gesichtswinkel als dem Durchmesser der Zapfen am gelben Fleck entspricht, auch ist unter verschiedenen Umständen die scheinbare Grösse der Scheibchen bald grösser bald kleiner; nichts desto weniger wird aber Jeder, der diese Beobachtung selbst einmal gemacht hat und das mikroskopische

Flächenbild der Zapfen und Stäbchen kennt, die dichtgedrängten runden Scheibchen im Bereiche des directen Sehens (*macula lutea*), wo bekanntlich nur Zapfen vorkommen, sogleich für ein mehr oder weniger *vergrössertes* Bild der *Zapfenmosaik* des gelben Fleckes erklären (vgl. die Abbildungen in Ecker's Icones).

Durch welche besondere Lichtreflexion oder Brechung dieses bald stärker bald schwächer vergrösserte deutliche Bild der Zapfenmosaik entsteht und auf die am schärfsten empfindende Elementarschicht der Netzhaut geworfen wird, oder welche besondere Zustände der Empfindlichkeit die Retina zur Wahrnehmung der Zapfenmosaik befähigen u. s. w. ist vorläufig nicht anzugeben.

Jedenfalls aber gehört die Stäbchen- und Zapfenschicht der Retina zu jenen Bestandtheilen des Auges, welche einerseits eigenthümliche entoptische Erscheinungen (Purkyne's Lichtschattenfigur) *veranlassen können und welche anderseits unter Umständen zum Theil selbst als „leuchtende Binnenobjecte“* (die beschriebene Scheibenmosaik der Zapfen) *deutlich wahrgenommen werden.*

Schliesslich bemerke ich noch, dass Purkyne auch beim nachhaltigen Druck auf das Auge und bei raschen Entladungen einer Volta'schen Säule durch das Auge, die Gestalten seiner Lichtschattenfigur hervorrufen konnte.

Pesth, im Juni 1860.

IX.

Zur objectiven Erklärung einiger sogenannnten subjectiven Gesichtserscheinungen.

Von

Johann Czermak in Prag,
correspondirendem Mitgliede der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften [1]

I. Die elliptischen Lichtstreifen.

Schon Purkyne beschreibt in seinen „Beobachtungen und V suchen zur Physiologie der Sinne", Bd. II, Berlin 1825, pag. 74 u dem Namen der „elliptischen Lichtstreifen" eine zarte Lichterschein welche entsteht, wenn man im Finstern das Bild einer kleinen l tenden Fläche nahe bei deren Achsenpunkt und nach *aussen* demselben auf die Netzhaut fallen lässt.

„Um die Beobachtung gehörig zu verlängern", heisst es „schnitt ich von Zündschwamm einen langen dünnen Streifen und l ihn in der Dunkelheit abglimmen. Nun konnte ich das Phäno bequem und in seinem ganzen Umfange beobachten. Das Bild verglimmenden Schwammes darf nicht genau im Achsenpunkt Auges liegen, sondern nahe daneben nach innen (auf der Retina, nach aussen vom Achsenpunkt. Cz.). Man erblickt sogleich b

[1] Aus dem XLIII. Bande der Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wi schaften vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

ersten Hinsehen, wo der Eindruck auf's Auge am lebhaftesten ist, von dem oberen und unteren Umfange des leuchtenden Bildes zwei elliptische Streifen, erst breiter, dann dünner werdend, auf- und abwärts und quer nach aussen, gleich einem liegenden Hörnerpaare gebogen, und mit den äussersten Spitzen nahe an der Eintrittsstelle des Gesichtsnerven sich beinahe berührend. Die elliptischen Schenkel dieser Streifen sind nach oben und unten beweglich, so dass sich der innere Raum, den sie einschliessen, erweitert oder verengert. Wie man den Achsenpunkt des Auges aus der Nähe des leuchtenden Bildes mehr gegen den Mittelpunkt des inneren Raumes der Ellipse rückt, so öffnen sich die Hörner derselben und nähern sich der Gestalt des Kreises; wird hingegen das leuchtende Bild bis nahe an den Achsenpunkt gebracht, so treten die Hörner der Ellipse immer näher zusammen, und über ihren inneren Raum wird ein mattes Licht verbreitet“. . . . . „Bewegt man den Schwamm abwechselnd etwas nach oben oder nach unten, so wird beim Hinaufrücken der obere, beim Hinabrücken der untere Streifen sichtbarer. Man kann die Figur dadurch bemerkbarer machen, dass man den Schwamm in einem kurzen Intervalle schnell auf und nieder bewegt. Die scheinbare Grösse und Kleinheit der Figur hängt übrigens wie bei allen Spectris davon ab, wie weit man sie in den äusseren Raum projicirt; daher wird sie bei Entfernung des Schwammes vom Auge grösser, bei Näherung desselben kleiner. Das Licht dieser Streifen ist matt lichtbläulich.“

„Wenn man den Versuch etwas länger (20—30 Secunden) fortsetzt, ohne das Auge durch Wechsel mit Finsterniss ausruhen zu lassen, so wird man unfähig, die Erscheinung ferner zu bemerken, bis sich die Empfindlichkeit durch Schliessen der Augenlieder wieder sammelt. Die Bemerkbarkeit derselben hängt auch von dem Grade der Leuchtung ab. So oft der mit Salpeter gebeizte Schwamm stärker aufglimmte, oder sanft angeblasen wurde, erschien die Figur deutlicher und wurde wieder schwächer oder verschwand bei geringerer Leuchtung. Im Gegentheile macht eine höhere Leuchtung ihrer Sichtbarkeit schon insofern Eintrag, als sie entweder die im Hintergrunde liegenden Gegenstände mit beleuchtet, oder das so äusserst schwache Licht durch die stärkere Lichtempfindung verdrängt.“ . . . . . .

„Eine wesentliche Bedingung zur Erscheinung der Ellipse ist eine bestimmte Kleinheit des Lichtbildes, indem sie bei einer breiteren Flamme nicht mehr bemerkbar ist. Das Lichtbild muss so viel möglich nur ein Element der Linie selbst sein, es muss die Aufmerksamkeit concentrirt erhalten, ohne sie auf einer grossen Fläche zu zerstreuen. Aber auch die Kleinheit hat ihre Grenze, indem mit dem Kleinerwerden des Lichtbildes auch der Grad der Leuchtung vermindert wird.“. . . . . .

„Dass diese Ellipse mit einer constanten organischen Bildung im Inneren des Auges in Verbindung steht, dass ihre Erzeugungsstelle zwischen der Eintrittsstelle des Sehnerven und dem Achsenpunkt der Retina ihren Sitz hat, wird auch Niemand bestreiten, der einmal sich die Mühe nahm die Erscheinung mit Deutlichkeit vor den Sinn zu bringen.“. . . . . .

Ich kann nach vielfältigen eigenen und fremden Beobachtungen die Exactheit dieser Angaben vollkommen bestätigen. Statt des Zündschwammes bediente ich mich mit gleichem Erfolge dünner Stengel von Sprengkohle; und um auch mit anderen Lichtquellen und Farben bequem experimentiren zu können, liess ich mir eine hinreichend weite, innen matt geschwärzte Röhre aus Pappe anfertigen, an deren offenes Ende das Auge angelegt wurde, während in dem Boden des verschlossenen anderen Endes ein kleines Löchelchen angebracht war, durch welches verschiedenfarbiges, von den verschiedensten Quellen ausströmendes Licht einfallen konnte.

Es kommt viel darauf an, dass das Auge durch diese Vorrichtung in möglichst vollständige Finsterniss versetzt wird, und ausser durch das Löchelchen, weder von aussen, noch von innen durch Reflex an den Wänden Licht in's Auge dringt.

Was nun die constante organische Bildung im Inneren des Auges betrifft, welche die Entstehung der elliptischen Lichtstreifen erklären soll, so fand ich dieselbe in der eigenthümlichen, durch die neueren histologischen Untersuchungen über die Netzhaut aufgedeckten Anordnung der Sehnervenfasern um den gelben Fleck herum.

Kürzlich theilte mir Purkyne, als ich ihm meine Ansicht vor-

trug, mit, dass auch er bereits an den Verlauf der Opticusfasern in jener Gegend gedacht habe.

Meine nachstehende Auseinandersetzung dürfte jeden Zweifel hierüber beseitigen.

Am gelben Fleck geht bekanntlich nur ein kleiner Theil Opticusfasern in geradem Verlauf gegen das innere Ende desselben, während der andere viel grössere, theils um die seitlichen Theile und das äussere Ende zu erreichen, theils um die in der Gegend des gelben Fleckes entstandene Lücke zu umgreifen — je weiter nach aussen, um so grössere Bogen beschreibt.

Nach aussen vom gelben Fleck convergiren die bogenförmig gekrümmten Fasern gegen eine gerade Linie oder Raphe, und nehmen erst in einer kleinen Entfernung vom äusseren Winkel des gelben Fleckes, indem sie sich nach und nach strecken, endlich wieder einen geraden Lauf an. (Vgl. Kölliker's Handb. der Gewebelehre, zweite Auflage, Fig. 319, pag. 639.)

Diese Raphe und der äussere Winkel des gelben Fleckes sind die Netzhautstelle, auf welche das Bild der kleinen leuchtenden Fläche fallen muss und wirklich fällt, wenn die elliptischen Lichtstreifen entstehen sollen; und die eigenthümliche Dispersion des Lichtes an den bogenförmig verlaufenden Opticusfasern ist es, welche ihre Entstehung bedingt.

An einem aus feinen glänzenden Kupferdrähten — wenn auch etwas roh nachgebildeten Schema des Opticusfasernverlaufes der fraglichen Gegend wurde im Finstern, durch locale Erleuchtung der Convergenzlinie vermittelst Sprengkohle, der bogenförmige Verlauf der Drähte glänzend erleuchtet.

Eine gekrümmte Thermometerröhre, welche auf ein Blatt Papier gelegt worden war, erzeugte einen durch das Papier hindurchschimmernden bogenförmigen Lichtstreif, als eines ihrer Enden im Finstern durch Sprengkohle erleuchtet wurde.

Dass etwas Aehnliches (vielleicht mit Fluorescenzerscheinungen complicirt) im Auge stattfinde, ergiebt sich aus der vollkommen übereinstimmenden Form der elliptischen Lichtstreifen mit dem bogenförmigen Verlauf der Opticusfasern; indem die ersteren nicht nur mit

ihren Spitzen genau gegen den Mittelpunkt der Eintrittsstelle des *Opticus sich zusammenneigen* und verlieren, sondern auch gerade so *wie die daselbst von den* Opticusfasern beschriebenen Bogen um so *flacher gekrümmt* erscheinen, je näher das Bild der leuchtenden Fläche der *Fovea centralis* rückt.

Den beiden elliptischen Lichtstreifen entspricht also ein *objectives Lichtbild,* welches auf der lichtempfindenden Netzhautfläche in Folge der eigenthümlichen, möglicherweise mit Fluorescenzerscheinungen complicirten Dispersion des Lichtes von den bogenförmig verlaufenden Opticusfasern entworfen wird.

Warum die Opticusfasern gerade nur, wenn sie von der bezeichneten Stelle aus beleuchtet werden, ihrem Verlauf entsprechende Lichtstreifen erzeugen und entoptisch sichtbar werden, mag damit zusammenhängen, dass sie eben nur an jener Stelle einen stark convergenten und gekrümmten Verlauf besitzen.

Vielleicht auch ist diese Netzhautregion durch ihre höhere Erregbarkeit und durch das Verhältniss der relativen Dicke ihrer Schichten der Dispersion des Lichtes und der Wahrnehmung derselben besonders günstig.

In dieser Beziehung ist der bereits von Purkyne hervorgehobene Umstand zu erwähnen, dass bei der beschriebenen Erscheinung noch ein Lichthof um das Bild der leuchtenden Fläche existirt, mit dem die elliptischen Streifen in unmittelbarem Zusammenhange stehen. Fällt das Bild auf andere Netzhautstellen, so wird ein solcher Lichthof gar nicht, oder doch nicht so leicht wahrgenommen.

Hat man sich eine der oben beschriebenen Röhre ähnliche Vorrichtung besorgt, so kann man, wie gesagt, mit den verschiedensten Lichtquellen experimentiren. Wendet man z. B. neutrales hellgraues Licht an, so erscheinen die Bogenstreifen und der Lichthof, so lange keine Blendungserscheinungen eintreten, ebenfalls farblos. Fällt hingegen farbiges Licht ein, so nehmen dieselben meist eine zarte Färbung an, welche jedoch niemals jene des einfallenden Lichtes ist. Diese subjective Färbung des matten graulichen Lichtscheines dürfte sich zum Theil aus einer Contrastwirkung oder Verstimmung des Sen-

soriums erklären, welche unter diesen Umständen gar nicht ausbleiben kann. (Vgl. Brücke's Untersuchungen über subjective Farben. Denkschriften der kais. Akademie, Bd. III, 1851.)

---

2. Die Lichtschattenfigur.

Seit ich die Purkyne'sche „Lichtschattenfigur" als eine entoptische Erscheinung erkannt hatte, welche mit den Elementen der *Membrana Jacobi retinae* in Beziehung stehen müsse (vgl. „Ueber die entoptische Wahrnehmung der Stäbchen- und Zapfenschicht", oben S. 195), war ich vielfach bemüht, mir eine plausible Vorstellung über den eigentlichen Vorgang bei ihrer Erzeugung zu machen.

Wenn ich jetzt auf diesen Gegenstand zurückkomme, so geschieht dies, weil ich einerseits den Schlüssel zur Erklärung wenigstens eines Theiles dieser Erscheinung endlich gefunden zu haben glaube, und weil mir andererseits die ganze Frage, deren vollständige Lösung mancherlei Aufschlüsse und Fingerzeige für die Anatomie und Physiologie der Netzhaut verspricht (und von ihnen zu erwarten hat) der allgemeineren Aufmerksamkeit werth zu sein scheint.

Zunächst will ich daran erinnern, dass ich von der in Purkyne's „Beiträgen" Bd. I, pag. 10, beschriebenen, mehr unbestimmten „Lichtschattenfigur", welche aus „primären" und „secundären" Gestalten besteht, jene unter gewissen Umständen im Bereiche des gelben Fleckes scharf und bestimmt hervortretende, dichte Mosaik von blassen, durch hellglänzende feine Linien abgegrenzten rundlichen Scheibchen, welche ich l. c. genauer beschrieben habe, unterscheide. Diese Mosaik kann auch nicht mit den von Purkyne erwähnten „Sechsecken" identisch sein.

Die sogenannte *primäre* Erscheinung der Purkyne'schen Lichtschattenfigur besteht in einer schachbrettartigen, gegen die Peripherie sich vergrössernden Würfelung des ganzen Sehfeldes.

Sie kann am bequemsten zur Anschauung gebracht werden, wenn man durch die Löcher oder Spalten einer rasch rotirenden Pappscheibe nach dem gleichmässig umwölkten Himmel sieht.

Trotz des vollkommen neutralen Lichtes der hellgrauen Wolken nehmen die schattigen Stellen der Lichtschattenfigur leicht eine subjective (violette) Färbung an. Lässt man das Wolkenlicht durch farbige Glastafeln gehen, so treten mitunter prächtige complementäre Farben in der Lichtschattenfigur auf.

Die sogenannten *„secundären"* Gestalten, welche Purkyne mit dem Namen „Achtstrahl", „Schneckenrechteck" etc. bezeichnet, bilden sich in unbestimmter Folge auf dem gewürfelten Hintergrunde und gleichsam aus den Elementen desselben.

Sie treten, wie Purkyne angiebt, am leichtesten auf, wenn man vor den geschlossenen, von der Sonne beschienenen Augenliedern mit den aus einander gehaltenen Fingern der Hand rasch hin und her fährt.

Der Schlüssel zur Erklärung dieser primären und secundären Erscheinungen dürfte sich nun, wie ich gleich weiter ausführen werde, in einem durch Bergmann angeregten Gesichtspunkt gefunden haben; dagegen scheint mir dieselbe Vorstellung zur Erklärung der mit solcher Schärfe in meinem Auge auftretenden Mosaik von hell und scharf contourirten matten Scheibchen aus mancherlei Gründen nicht völlig auszureichen.

Bergmann hat bekanntlich (Zeitschrift für rationelle Med. Bd. II, 1858) die merkwürdigen Täuschungen, welche fast constant bei der Betrachtung seiner Gittertäfelchen aus grösserer Entfernung entstehen — (nämlich dass man die Richtung der Gitterstäbe z. B. gerade senkrecht gegen die wirkliche deutlich zu sehen meint, oder wohl auch das ganze parallel gestreifte Täfelchen für schachbrettartig oder sechseckig gefeldert hält) — sehr glücklich aus der wahrscheinlichen Anordnung der Zapfen am gelben Fleck, und unter der Voraussetzung, dass ein Zapfen eine Seheinheit repräsentire, zu erklären vermocht.

Dieselbe Betrachtung hat Helmholtz zur Erklärung der schon von Purkyne bemerkten Verwandlung paralleler gerader Linien in wellenförmige etc. benützt (Karsten's Encyklop. pag. 217, Bd. 1), und ich werde sie jetzt für die angegebenen Erscheinungen zu verwerthen suchen.

Bergmann sagt l. c. pag. 100:

„Da die Zapfen im Allgemeinen im Querschnitte hexagonal erscheinen, da einander benachbarte Zapfen ebenfalls im Allgemeinen (in der *Fovea centralis*) keine merklichen Grössenunterschiede darbieten, und da endlich die Krümmung der Augenhäute im Verhältniss zu den sehr kleinen Zapfen als unbeträchtlich erscheint, so wird es erlaubt sein, versuchsweise die Vorstellung grundleglich zu machen, dass die Zapfen (in kleineren Gruppen) so neben einander geordnet sind, wie regelmässige gleichseitige, unter einander gleich grosse Sechsecke auf ebener Fläche zu gänzlicher Erfüllung des Raumes geordnet sein müssen; ähnlich wie die Zellen des Bienenstocks sich im Querschnitte zeigen."

„Sechsecke, welche auf solche Weise in eine Ebene geordnet sind, bilden in drei Richtungen, welche sich unter Winkeln von 60° schneiden, Reihen mit einander. Innerhalb jeder dieser Reihen hat ein jedes Sechseck einen grössten Durchmesser da, wo in den anstossenden Parallelreihen je zwei Sechsecke sich berühren und am schmalsten sind. Man denke sich auf eine mit solchen Sechsecken gefüllte Tafel ein Gitter gelegt, dessen Stäbe irgend eine der drei Reihen unter rechtem Winkel kreuzen."

„Welches wird nun die Vertheilung der Bilder der Gitterstäbe auf den Sechsecken sein, z. B. unter der Voraussetzung, dass jeder Gitterstab die halbe Breite eines Sechseckes bedecke und die Distanzen der Stäbe eben dieselbe Breite haben?"

„Wir können unter diesen Voraussetzungen das Gitter so auf die Sechsecke legen, dass ein jedes derselben zur einen Hälfte einem Stabe, zur anderen einem Zwischenraume entspricht. Setzen wir ein so auf den Zapfen entworfenes Netzhautbild weisser und schwarzer Striche, so erhalten wir als Resultat eine völlig homogene Mengung, eine ungefleckte graue Fläche. *Verschieben wir dagegen das Gitter auf den Sechsecken um ein Viertel der Breite der Sechsecke, so wird das Resultat ein ganz anderes.* Jetzt sind die Sechsecke je in einer Reihe von den Stäben, in der anderen von den Zwischenräumen mehr bedeckt, und zwar im Verhältnisse von 7 zu 5. Also: es würde eine Reihe der Zapfen eine gleichmässige Mengung von sieben Theilen

Schwarz und fünf Theilen Weiss erhalten, die nächste sieben Theile Weiss und fünf Theile Schwarz, eine dritte sich wie die erste die vierte sich wie die zweite verhalten. Diese Reihen liegen *rechtwinklig* gegen die Bilder der Striche."

„Es ist dabei zugleich fast nothwendig gegeben, dass solche Wahrnehmungen sehr flüchtig sein müssen, da eine Bewegung der Netzhautfläche um ein Viertel eines Zapfendurchmessers hinreicht, die Erscheinung wechselnd hellgrauer und dunkelgrauer Striche aus rein grauem Felde hervortreten und wieder in dasselbe verschwinden zu lassen."

„Es ist ferner leicht einzusehen, dass eine solche Erscheinung nicht nothwendig an eine ganz bestimmte Entfernung gebunden ist. Es kann die Entfernung — oder das Verhältniss der Breite der Striche zur Breite der Sechsecke — sich etwas ändern und noch immer können hellgraue und dunkelgraue Striche gesehen werden, rechtwinklig gegen die Richtung der objectiv vorhandenen gelegen. Nur würde man, wenn ein solches Bild überhaupt scharf genug erschiene, um so analysirt werden zu können, jeden Strich allmälig seiner Länge nach aus der einen in die andere Nüance übergehen sehen und jedesmal wo ein Strich seine lichteste Stelle hätte, würden die benachbarten die dunkelsten sein, und umgekehrt."

Bergmann hat einen solchen Fall l. c. pag. 102 durch ein in Zahlen ausgeführtes Beispiel belegt. Die Breite der Stäbe und Zwischenräume war nicht gleich der Hälfte des Durchmessers eines Sechseckes angenommen, sondern jeder Stab (und jeder Zwischenraum) deckte $^{17}/_{32}$ eines Sechseckes, so dass also auf einer Reihe von sieben Sechsecken sechszehnmal Weiss und sechszehnmal Schwarz abwechselnd sich abbilden musste.

Aus der Rechnung ergab sich, dass unter den gemachten Voraussetzungen *dunklere und hellere Stellen* entstehen müssen, welche *wohl nach Länge als quer mit einander abwechseln.*

Hiermit erscheint mir nun im *Allgemeinen* das Räthsel gelöst, wie die musivisch angeordneten lichtempfindenden Elemente der Zapfen- und Stäbchenschicht die primären schachbrettartigen Felderchen der Lichtschattenfigur zu erzeugen im Stande sind, wenn

durch die Spalten der rotirenden Pappscheibe im Vorübergleiten erhellt werden.

An der linearen Lichtschattengrenze der Spalten muss nämlich nothwendigerweise eine ungleichmässige Vertheilung des Lichtes in den nach Brücke katoprisch und lichtsondernd wirkenden Elementen der Zapfen- und Stäbchenschicht, nach einem bestimmten mit ihrer Anordnung zusammenhängenden Gesetze, *objectiv* stattfinden.

Bei dem Fortgleiten der hellen Spaltenbilder über die Retina muss sich ferner diese objective ungleichmässige Vertheilung von Hell und Dunkel über das ganze Sehfeld verbreiten; und, indem die Lichteindrücke eine messbare Zeit nachwirken, so wird endlich, je nach der Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe, der Breite und Anzahl der Spalten etc., ein Beharrungszustand erzeugt, durch welchen diese *objectiven Erhellungsdifferenzen* subjectiv zur Wahrnehmung kommen.

Eine Anwendung der von Bergmann erörterten Verhältnisse auf unseren Fall darf man sich um so eher erlauben, als eine mit Spalten versehene rotirende Scheibe gewissermassen auch als ein Gitter von dunklen und hellen Streifen, deren Breite von der Breite und Anzahl der Spalten und von der Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe abhängt, betrachtet werden kann.

So wie die von Bergmann erörterten Consequenzen nur für Gitter von ganz bestimmten relativen Dimensionen gelten, eben so treten die primären Felderchen der Lichtschattenfigur nur bei einer bestimmten Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe auf.

Ich habe gefunden, dass man eine Scheibe mit weniger Spalten im Allgemeinen schneller drehen müsse als eine solche mit mehr Spalten, um die Erscheinung zu erzeugen, und dass, wenn man eine und dieselbe Scheibe in zu schnelle und zu langsame Rotation versetzt, keine Spur derselben zu Stande kommt. Im ersten Falle erscheint das Gesichtsfeld als eine ungefleckte graue Fläche, im zweiten Falle sieht man einfach den Ortswechsel der durchbrochenen und undurchbrochenen Stellen der vor den Augen rotirenden Scheibe.

Ausser der eben gegebenen allgemeinen Erklärung, *warum bei der bekannten Nachdauer des Lichteindruckes eine mit Spalten ver-*

sehene, mit bestimmter Geschwindigkeit rotirende Pappscheibe, ähnlich dem feinen Bergmann'schen Gitter aus weissen und schwarzen Stäben, eine objective, gruppenweise wechselnde Vertheilung von Hell und Dunkel in den musivisch angeordneten Elementen der Zapfen-Stäbchenschicht bedingen könne und müsse, lässt sich für jetzt wohl keine speciellere Ableitung der primären Erscheinung der Lichtschattenfigur geben.

Namentlich dürfte es bei der Unkenntniss der speciellen Anordnung und Form der lichtempfindenden Seheinheiten nicht leicht möglich sein zu deduciren, warum die primären Formen der Lichtschattenfigur gerade als viereckige Felderchen imponiren.

Gerade in dieser Richtung liegt aber für die weitere Forschung eine in anatomisch-physiologischer Beziehung wichtige und interessante Aufgabe, welche der „Lichtschattenfigur" eine unverkennbare wissenschaftliche Bedeutung sichern und dieselbe vor der Gefahr, wieder in Vergessenheit zu gerathen, schützen dürfte.

Eine genauere Ableitung des Details dieser Erscheinung scheint namentlich einige Anhaltspunkte zur Entscheidung der offenen Frage zu versprechen, ob die Zapfen allein oder zum Theil auch die Stäbchen die eigentlichen lichtempfindenden Elemente und Seheinheiten der Retina sind?

Dass aber die angedeutete objective Erklärung wesentlich richtig sei und, dass die Erscheinung nicht etwa auf einem rein subjectiven, durch den raschen *bloss zeitlichen* Wechsel von Erhellung und Verdunkelung der „Sehsinnsubstanz" hervorgerufenen Vorgang beruhe, wird wohl von Niemandem mehr bezweifelt werden.

Dafür spricht auch noch der Umstand, dass weder ich, noch mein Freund Prof. Pierre und sein Assistent Herr Lippich eine Spur der primären Lichtschattenfigur bemerken konnten, als wir im Finstern eine mattgeschliffene Glastafel betrachteten, welche durch glänzende elektrische Funken in raschen Unterbrechungen hell erleuchtet wurde.

Freilich hat Purkyne Fragmente des primären Würfelfeldes unter den verschiedensten Bedingungen — beim Druck auf's Auge, beim gehemmten Blutverlauf, in nervösen Zuständen etc. — beobachtet

und ich habe an mir selbst ähnliche Erfahrungen gemacht, allein ich bin weit entfernt zu glauben, dass sich hierauf irgend ein stichhaltiger Einwand gegen den obigen Erklärungsversuch gründen lässt, indem in diesen Fällen offenbar ganz andere Bedingungen in's Spiel kommen und überdies die Erscheinung mit der Lichtschattenfigur selbst nicht vollkommen identisch ist.

Was die sogenannten *secundären Gestalten* der Lichtschattenfigur betrifft, so kann man dieselben mit Purkyne auf die Grunderscheinung der primären Würfelfelder zurückführen. Purkyne sagt l. c. pag. 19: „Je nachdem nämlich verschiedene Reihen von diesen auf der einen oder der anderen, oder an beiden Seiten zugleich heller sind, bilden sie auch verschiedene Linien, die dann in ihrer Relation gegen einander die secundären Figuren geben. Jedoch sind jene zuerst beschriebenen (der Achtstrahl, das Schneckenrechteck) bei mir am beständigsten. Dass sie bei anderen ganz verschieden aussehen mögen, bin ich sehr geneigt zu glauben und ich meine, dass es vorzüglich von der synthesirenden Thätigkeit des Sinnes abhänge, welche Reihen aufgefasst und zur Einheit verbunden werden, und dass wenn mehrere Reihen nach denselben räumlichen Verhältnissen öfters verbunden worden, eine Geneigtheit zurückbleibt dieselben wieder leichter heraus zu finden.

Immerhin bleibt es fraglich, ob man nicht später vielleicht in der Anordnung der Elemente der Stäbchen-Zapfenschicht objective Anhaltspunkte zur Erklärung der secundären Figuren entdecken wird.

Für einigermassen verschieden von den erörterten primären und secundären Gestalten der Purkyne'schen Lichtschattenfigur muss ich vorläufig, wie gesagt, die von mir beschriebene Mosaik von Scheibchen erklären, welche unter ähnlichen Umständen wie jene, beiläufig im Bereiche des gelben Fleckes auftritt.

Diese Mosaik sehe ich nämlich mitunter mit einer solchen Schärfe und Bestimmtheit, dass ich mich der Vorstellung nicht erwehren kann, es handle sich dabei nicht wie dort um eine bloss unbestimmt begrenzte, gruppenweise wechselnde Vertheilung von Licht und Schatten in den Elementen der Zapfen-Stäbchenschicht, sondern um ein treues

vergrössertes Abbild der einzelnen, mosaikartig angeordneten Zapfen oder „Zapfenstäbchen“ selbst.

Als objectiv vergrössert müsste man aber dieses Abbild ansehen, weil die einzelnen Scheibchen unzweifelhaft unter einem sehr merklich grösseren Gesichtswinkel erscheinen, als dem Durchmesser der Zapfen oder Zapfenstäbchen entspricht, und weil die Anzahl der Scheibchen auf der Flächeneinheit offenbar geringer ist als die wirkliche der genannten Elemente.

Hält man diese Vorstellung fest, so ist es vorläufig nicht möglich eine plausible Erklärung von der Entstehung dieser Mosaik zu geben.

Denn wenn man sich auch recht gut denken kann, dass sich unter den von Brücke mit so vielem Scharfsinn aufgedeckten katoptrischen Verhältnissen der Stäbchenschicht in den stark lichtbrechenden, in eine weniger stark lichtbrechende Substanz eingebetteten Zapfenstäbchen oder Zapfen leicht eine kreisförmige, hellleuchtende Caustica bilden könnte, so sieht man doch nicht recht ein, wie hierdurch ein vergrössertes mosaikartiges Abbild einer ganzen Gruppe dieser Elemente entstehen sollte.

Mag dem sein wie ihm wolle, immerhin glaube ich durch die vorliegende Mittheilung einen kleinen Beitrag zur Physiologie der Netzhaut geliefert und die besprochenen Erscheinungen der Aufmerksamkeit hinreichend empfohlen zu haben.

X.

Ein histochemischer und ein histologischer Beitrag zur Kenntniss der Nieren.

Von

Jac. Moleschott.

In den methodologischen Anleitungen zur Untersuchung der Nieren liest man zwar häufig, dass es leicht sei, mit Harnkanälchen verbundene Bowman'sche Kapseln aufzufinden; wer aber die üblichen Darstellungsweisen vielfach versucht hat, der weiss, dass man öfters viele Präparate durchmustern muss, bevor man ein eigentliches Schaustück antrifft [1]). Ich halte mich daher für berechtigt, ein Verfahren zu empfehlen, durch welches es jedem Anfänger gelingt, solche Schaustücke dutzendweise herzustellen; gewinnt doch die Verbreitung der Naturkenntniss nicht wenig dabei, wenn man die Auffindung feinerer Verhältnisse auch minder geübten Augen und weniger geschickten Händen zugänglich macht.

---

1) Dass die Sache nach den gewöhnlichen Methoden nicht gar zu leicht sein muss, geht unter Anderen daraus hervor, dass ein so ausgezeichneter Anatom, wie Hyrtl, eine Zeit lang den Zusammenhang zwischen den Bowman'schen Kapseln und den Harnkanälchen hat bestreiten können. Vgl. Hyrtl's Lehrbuch der Anatomie des Menschen, 2. Auflage S. 506. Isaacs, der einer der Letzten die Textur der Nieren ausführlich behandelt hat, sagt: „Une des plus difficiles questions relatives à l'anatomie de structure du rein consiste à savoir s'il y a quelque connexion entre le corpuscule de Malpighi et le tube urinifère et, s'il en existe, quelle en est la nature?" Brown-Séquard, Journal de la physiologie de l'homme et des animaux T. I., p. 588. Diesen Ausspruch wird Jeder unterschreiben müssen, der zur mikroskopischen Analyse das Messer statt des chemischen Reagens benützt, während man ihn gerade umkehren kann, wenn man die chemischen Hülfsmittel zu Rathe zieht.

Am allerbequemsten löst man die Aufgabe, wenn man Froschnieren erst Wochen oder besser noch Monate und Jahre lang in meiner starken Essigsäuremischung aufbewahrt und sie dann einige Minuten bis zu einer Stunde lang in 35procentiger Kalilauge einweicht, d. h. in einer Kalilauge von nahezu derselben Concentration, wie ich sie zur Isolirung glatter Muskelfasern empfohlen habe [1]). Ich nehme eine Niere einfach aus der starken Essigsäuremischung heraus und lege sie auf ein flaches Schälchen, in welches so viel von der Kalilauge gegossen wird, dass die Niere ganz davon bedeckt ist. Wenn die Zimmerwärme nicht zu niedrig ist, dann zerfällt das Gewebe rasch, meistens in 2 bis 3 Viertelstunden so weit, dass man einen Theil desselben mehr aus der Flüssigkeit zu schöpfen als vom Organe abzulösen hat; setzt man dann auf dem Objectträger noch einen Tropfen der Kalilauge zu, dann zerlegt sich die Masse beinahe von selbst, jedenfalls genügt eine ganz kunstlose Zertheilung mit der Nadel, damit die mikroskopische Untersuchung die schönsten gewundenen Harnkanälchen mit sehr deutlichem Epithel und Bowman'sche Kapseln, die mit langen Harnkanälchen verbunden sind, dem Beobachter vorführe.

Legt man kein Gewicht darauf, dass die Kapseln noch mit langen Harnkanälchen verbunden seien, dann kann man auch ohne Weiteres frische Froschnieren in 35procentige Kalilauge legen; nach einigen Minuten — man darf ja nicht zu lange warten — wird man zahlreiche Kapseln mit kurzen Bruchstücken von Harnkanälchen auf die leichteste Weise gewinnen, und das Epithel der Harnkanälchen nimmt sich dann noch weit schöner aus, als wenn die Nieren schon in Essigsäuremischung gelegen hatten; die mikroskopischen Bilder des in natürlicher Lage befindlichen Epithels gleichen in der That schönen schematischen Zeichnungen.

[1]) Jac. Moleschott, Ein Beitrag zur Kenntniss der glatten Muskeln, diese Zeitschrift, Bd. VI, S. 383, 384. Die Kalilaugen von 30 bis 35 % sind ebenso geeignet quergestreifte Muskelfasern als individuelle Einheiten, oder Nervenzellen mit ihren Fortsätzen, oder verschiedenartige Drüsenelemente gesondert darzustellen; ich hoffe später hierauf zurückzukommen und will jetzt nur die Bemerkung beifügen, dass die bezeichneten Kalilaugen mit geringer Mühe gestatten, glatte Muskelfasern aus Spirituspräparaten, des Uterus z. B., zu isoliren.

Weniger leicht gelingt das zuletzt angegebene Verfahren mit den Nieren des Menschen oder der Säugethiere, sehr gut dagegen, wenn man die Maceration in 35procentiger Kalilauge auf Nieren anwendet, die vorher eine Zeit lang in meinen Essigsäuremischungen aufbewahrt wurden. Die besten Präparate gewann ich von einer menschlichen Niere, die, weil sie ein wenig matsch war, erst 6 Wochen in 1procentiger Chromsäure, dann über ein Jahr lang in meiner schwachen Essigsäuremischung und schliesslich mehre Monate lang in meiner starken Essigsäuremischung gelegen hatte; eine Einweichung kleiner Bruchstücke derselben in Kali 35 % brauchte nur eine Viertelstunde lang fortgesetzt zu werden, um an zahlreichen Beispielen das Verhältniss der Bowman'schen Kapseln zu den Harnkanälchen studiren zu können.

An solchen Präparaten ist es denn auch gelungen, unsre Kenntniss dieses Verhältnisses zu erweitern. Es ist bekannt, dass die meisten Beobachter die Kapseln nur als endständige Erweiterungen der Harnkanälchen gelten lassen, und dies geschah sogar ganz allgemein, bis Gerlach beim Schaaf auch eine Art von seitenständigem Anhang der Harnkanälchen kennen lehrte. „Enden die Harnkanälchen schlingenförmig," so schrieb Gerlach in der ersten Auflage seines Handbuchs S. 301 (2. Auflage, S. 353), „so ändert sich auch ihr Ver„hältniss zu den Kapseln der Malpighi'schen Gefässkörper. Die „letzteren hängen nämlich in diesem Falle durch einen kurzen Hals „mit den Schlingen zusammen, so dass eigentlich zwei Harnkanälchen „zu einer Kapsel treten. Man kann deshalb hier die Kapsel als eine „seitliche Ausstülpung der structurlosen Membranen der Harnkanälchen „betrachten." Wenn man die von Gerlach a. a. O. gegebene Abbildung ansieht, so kann man allerdings mit Kölliker hierin ein Verhalten erblicken, „das sich unter die schon von mehreren Beob„achtern (Bowman, Johnson und Wittich) gesehenen Fälle von „Theilungen der Harnkanälchen in der Rinde z. Th. nahe an den „Malpighi'schen Körperchen subsumiren lässt, nur dass der eine „Ast sehr kurz wäre und gleich in das Malpighi'sche Körperchen „überginge [1])." Beim Menschen kommt aber in der That eine seiten-

[1]) Kölliker, mikroskopische Anatomie, Leipzig 1852, Bd. II, 2. Hälfte, S. 355.

ständige Verbindung der Kapsel mit dem Harnkanälchen vor, oder richtiger noch es entspringen von Einer Kapsel zwei Kanälchen, die dann am häufigsten, wie es Leydig bei Fischen und Amphibien gesehen hat, bipolar geordnet sind, aber ähnlich wie die Fortsätze der Ganglienkugeln einander mehr oder weniger genähert sein können. Beim Menschen habe ich gesehen, dass nur etwa ein Sechstel des Umfangs der Kapsel zwischen den Ursprüngen der Harnkanälchen lag; beim Hunde sah ich einmal die beiden Harnkanälchen dicht neben einander entspringen, ohne dass sie durch einen gemeinschaftlichen Hals verbunden waren. Beim Menschen entspringen so häufig zwei Kanälchen von einer Kapsel, dass es unter Anwendung der von mir empfohlenen Methode leichter ist, in der menschlichen Niere bipolare Kapseln zu finden als unipolare. Es folgen hier zunächst zwei Figuren, die mein jetziger Assistent, Herr Gascard, für mich gezeichnet hat, beide auf die menschliche Niere bezüglich.

Fig. 1.

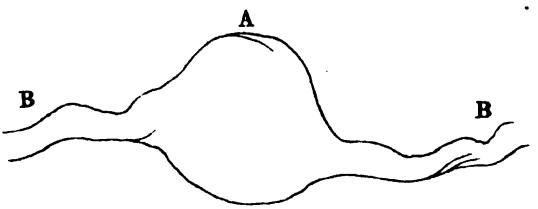
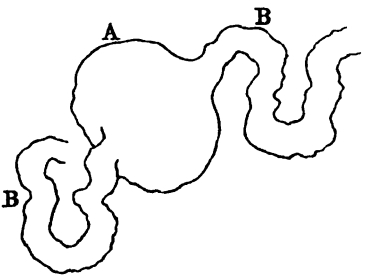


Fig. 2.

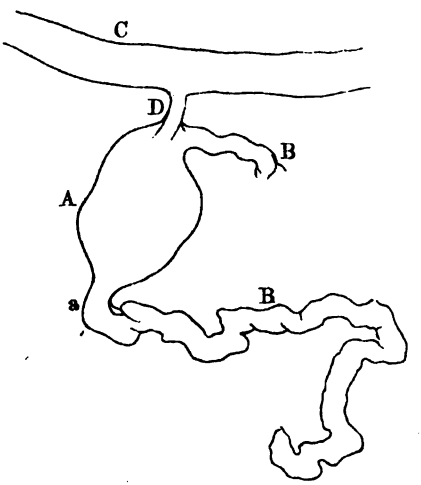


In beiden Figuren bezeichnet A den Umriss der Kapsel, B Harnkanälchen. In Fig. 1 ist der bipolare Ursprung am schärfsten ausgesprochen, etwas weniger scharf schon in Fig. 2; beide Figu

können aber als Muster des häufigsten Vorkommnisses beim Menschen gelten. Dies will ich nicht gerade auf das Verhältniss der Achse der Harnkanälchen zur Längsachse der Kapsel beziehen, die in Fig. 2 senkrecht zu einander gerichtet sind, obwohl dies beim Menschen durchaus nicht selten ist. Fig. 3 liefert ein ebenfalls von Gascard gezeichnetes Bild, in welchem die Achse des einen Kanälchens bei a der Längsachse der Kapsel gleich gerichtet ist; die des anderen Kanälchens ist auch senkrecht zur Längsachse der Kapsel, aber es handelt sich dabei wohl nur um ein zufälliges Lagerungsverhältniss. Sehr häufig erhält man Präparate, die deutlich den Eintritt der Gefässe in die Kapseln und den Glomerulus Malpighii wahrnehmen lassen; in Fig. 3 ist C ein Arterienstämmchen und D der Ast, den dieses Stämmchen in die Kapsel zur Bildung des nicht gezeichneten Glomerulus entsandte. Bisweilen fand ich an den durch Kali 35 % gesonderten Kapseln nicht bloss das zuführende, sondern auch das abführende Gefäss in ziemlicher Ausdehnung erhalten.

Da der Ursprung zweier Harnkanälchen von Einer Kapsel beim Menschen so häufig ist, so darf man nur auf Grund der sorgfältigsten Beobachtung hin eine Kapsel für einkanälig erklären. Um hierin

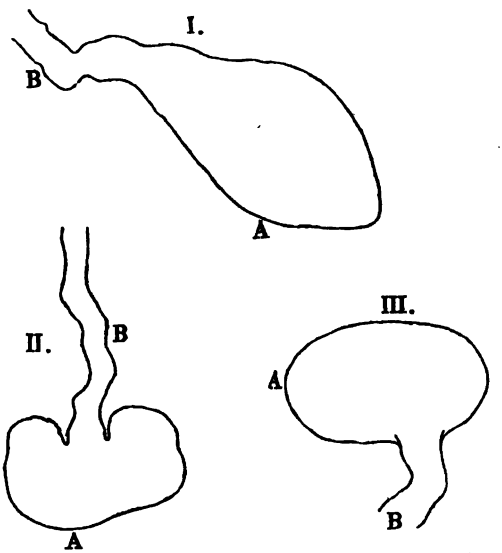
Fig. 3.



ganz sicher zu gehen, habe ich öfters das Deckglas auf den Object-

träger festgekittet, so dass ich die betreffende Kapsel von beiden Seiten betrachten konnte; dies gelingt ausserordentlich leicht mit Hilfe eines geschmolzenen Gemenges von 2 Gewichtstheilen Colophonium und 1 Theil gelbes Wachs, welches selbst im Sommer beinahe auf der Stelle erstarrt [1]). Auf diese Weise habe ich mich von dem Vorkommen einkanäliger Kapseln auch in der menschlichen Niere überzeugt; weniger bekannt ist aber, dass das Harnkanälchen, wenn man so sagen darf, um die Kapsel herum nach allen Richtungen verschoben sein kann: bald bildet seine Achse die Verlängerung der Längsachse der Kapsel, bald ist sie senkrecht zur letzteren gerichtet, im letzteren Falle kann die Einpflanzungsstelle von beiden Enden

Fig. 4.



der Kapsel ziemlich gleich weit entfernt sein, wie dies auch von Isaac

[1]) Ich bediene mich dieses Gemenges auch um Präparate für die Sammlung einzuschliessen, und gebe nachher den Rändern einen Ueberzug von Asphaltlack, der nicht bloss das Aussehen der Präparate, sondern auch den luftdichten Abschluss wesentlich verbessert. Das Harz- und Wachs-Gemenge erstarrt so rasch, dass man sogar die nur mit meiner starken Essigsäuremischung versetzten Gegenstände vortrefflich aufbewahren lassen.

mehrfach beobachtet worden [1]), oder aber sie liegt dem einen Ende weit näher als dem anderen. Fig. 4 zeigt drei Beispiele einkanäliger Kapseln aus der menschlichen Niere: I liesse sich kurzweg als unipolare, II als zweiachsige Kapsel mit centraler, III als zweiachsige mit excentrischer Einpflanzung bezeichnen. Bemerkenswerth ist in II die nierenähnliche Gestalt der ganzen Kapsel, die von ihrem Hilus das Harnkanälchen ausgehen lässt; diese Form ist mir zwar durchaus nicht häufig, aber doch mehrfach begegnet. Ziemlich oft nähern sich die Kapseln der menschlichen Niere der Kugelform, wie in Fig. 1, so dass die zu einander senkrechten Durchmesser beinahe gleich gross sind.

Ueber die Grösse der Bowman'schen Kapseln liegen nur spärliche Angaben vor; dies hat mich veranlasst in Gemeinschaft mit Gascard einige nach der oben empfohlenen Methode isolirte Kapseln der menschlichen Niere zu messen: als Länge der Kapseln ist nicht die grösste Achse, sondern diejenige, welche in der Verlängerung eines zugehörigen Harnkanälchens lag, angenommen.

Maasse Bowman'scher Kapseln aus der Niere des Menschen.

Länge.		Breite.		
0,240	M. M.	0,205	M. M.	
0,210	„	0,190	„	
0,190	„	0,200	„	
0,205	„	0,180	„	
0,210	„	0,160	„	
0,210	„	0,200	„	
0,280	„	0,200	„	
0,175	„	0,175	„	
0,185	„	0,235	„	!
0,310	„	0,220	„	
0,215	„	0,170	„	
0,230	„	0,230	„	
0,160	„	0,265	„	
0,250	„	0,190	„	!
0,225	„	0,205	„	
0,200	„	0,145	„	

[1]) Isaacs, a. a. O. S. 596, Pl. XXIV von Ursus americanus, S. 597, Pl. XXVI von Procyon lotor.

Als mittlere Länge ergaben somit 16 Messungen für die Bowman'schen Kapseln des Menschen: 0,225 M. M. (Minimum: 0,1 Maximum: 0,31 M. M.); mittlere Breite: 0,198 M. M. (Minimum: 0,145, Maximum: 0,265 M. M.).

Um den Grad von Aufquellung, den das Kali hervorgebracht hatte, zu bemessen, haben wir auch einige Messungen an Kapseln angestellt, auf welche nur die 1procentige Chromsäure, dann schwache und zuletzt starke Essigsäuremischung eingewirkt hatten. Wir fanden:

Länge.		Breite.	
0,210	M. M.	0,145	M. M.
0,190	„	0,135	„
0,195	„	0,155	„
0,190	„	0,170	„
0,170	„	0,140	„
0,185	„	0,175	„
0,205	„	0,150	„
0,170	„	0,100	„
0,195	„	0,130	„
0,200	„	0,145	„

Hiernach wäre die mittlere Länge nach 10 Messungen 0,191 M. (Minimum: 0,17, Maximum: 0,21 M. M.); mittlere Breite: 0,1 M. M. (Minimum: 0,1, Maximum: 0,175 M. M.). Die mittlere Länge der Kapseln, auf welche das Kali nicht eingewirkt hatte, verhielt sich also zu derjenigen der mit Kali behandelten Kapseln wie 191 : 2 dies entspricht einer Verlängerung des betreffenden Durchmesse um reichlich $^1/_6$. Die mittlere Breite der Kapseln vor der Einwirkung des Kali verhielt sich zu derselben Ausdehnung, nachdem das K eingewirkt hatte, wie 144 : 198, so dass die Breite durch das K beinahe um $^1/_3$ vergrössert war. Die Breite nahm hiernach durch d Aufquellen in Kali mehr zu als die Länge, und es ist daher w kein blosser Zufall, dass uns die rundlichen Formen vorzugsw unter den in Kali aufgequollenen Kapseln begegneten.

Als mittlere Länge der Kapseln in der menschlichen Niere möch ich somit nach unseren Messungen beinahe $^1/_5$ M. M. angeben, hinzufügen, dass sich die Breite zur Länge nahezu wie 3 : 4 verh Gerlach's Zahl für die durchschnittliche Länge der Kapseln in d menschlichen Niere ist etwas grösser: er giebt sie zu 0,1‴ (0,2

M. M.) an, was mit dem Mittel übereinstimmt, das uns die in Kali aufgequollenen Kapseln ergeben haben.

Nach unseren Messungen und nach den zahlreichen Beobachtungen, die mir zur Verfügung stehen, muss ich für den Menschen die Kugelform der Kapseln als die Ausnahme, die ellipsoidische oder eiförmige als die Regel aufstellen; beim Hunde dagegen sind die Kapseln gewöhnlich rundlich.

Das Ende des Harnkanälchens, welches in die Kapsel übergeht, ist beim Menschen und bei den Säugethieren gewöhnlich sanft trichterförmig erweitert, wie es Bowman, Isaacs und Andere richtig abgebildet haben, bisweilen ist es ziemlich scharf von der Kapsel abgesetzt, bisweilen auch leicht eingeschnürt; im letzteren Falle ist aber die eingeschnürte Stelle immer sehr kurz und der Unterschied zwischen ihrem Durchmesser und dem des Harnkanälchens an anderen Stellen nur gering. So fand ich einmal an einer zweikanäligen Kapsel des Menschen den Durchmesser beider Kanälchen da wo sie von der Kapsel entsprangen 0,035, und an vielen anderen Stellen 0,04 M. M.; in einem anderen Falle mass der Durchmesser des Kanälchens an dem einen Pol der Kapsel 0,035, an dem anderen 0,04 M. M., während der Durchmesser der beiden Harnkanälchen, in grösserer Entfernung von der Kapsel, zwischen 0,04 und 0,05 M. M. schwankte.

Auf die Frage, ob es zwischen der Oberfläche des Gefässknäuels und zwischen der Kapselwand eine einfache oder eine doppelte Lage von Epithelzellen gebe, hat Isaacs in neuerer Zeit eine sehr bestimmte Antwort ertheilt [1]). Nach ihm besitzt sowohl die innere Fläche der Kapselwand, wie die Oberfläche des Glomerulus ein Epithel, und zwar sollen die dem Glomerulus aufliegenden Zellen viel grösser sein als die, welche die Wand der Kapsel bekleiden. Es ist beim Menschen, wenn man unversehrte Kapseln vor sich hat, sehr leicht sich zu überzeugen, dass zwischen der Oberfläche des Glomerulus und der Innenwand der Kapsel mehr als eine Zellenschicht vorhanden ist. Ich benützte zu dieser Beobachtung feine Schnitte einer nach einander mit 1procentiger Chromsäure, schwacher und starker Essigsäure-

[1]) Brown-Séquard, Journal de la physiologie de l'homme et des animaux, T. I, p. 596.

mischung behandelten Niere; wie immer machte ich die Schnitte mit einem *trocknen* Skalpell von gut an der Luft getrockneten Bruchstücken des macerirten Gewebes, und nachher liess ich die Schnitte in meiner starken Essigsäuremischung wieder aufquellen. Die Schnitte werden am durchsichtigsten, wenn man sie Wochen lang in starker Essigsäuremischung liegen lässt und lassen sich dann recht hübsch mit starker Essigsäuremischung einschliessen und aufbewahren. Schwieriger ist es, sich ein genaues Bild von der Anordnung der vielen Zellen zu verschaffen, weil man in der menschlichen Niere nur ausnahmsweise und dann nur an einer beschränkten Stelle einen Zwischenraum zwischen der Kapsel und dem Gefässknäuel antrifft. Wo ein solcher Zwischenraum fehlt, sieht man nur, dass in der That die tieferen Zellen die grösseren, die der Oberfläche zunächst liegenden die kleineren sind. An Stellen, an welchen die Kapsel von dem Knäuel losgewichen war, habe ich mich sodann überzeugt, dass sich die Sache ganz so verhält, wie Isaacs es angegeben hat: auf dem Gefässknäuel liegt beim Menschen eine zusammenhängende Schicht von dicht an einander gedrängten Zellen, die (nach 10 Messungen) 0,007 bis 0,018 M. M. im Mittel 0,01 M. M. im grössten Durchmesser messen; auf der Innenwand der Kapsel bilden die Zellen keine ganz ununterbrochene Schicht, und ihr längster Durchmesser misst (nach 10 Messungen) 0,005 — 0,01 M. M., durchschnittlich 0,006. In den gewundenen Harnkanälchen habe ich an Querschnitten das Epithel in situ gemessen und den längsten Durchmesser, der sich in dieser Lage darbietet, übereinstimmend gefunden mit dem der Zellen, die den Glomerulus überziehen: nach 10 Messungen nämlich 0,007 — 0,015 M. M., durchschnittlich 0,01 M. M.

Wie Goodsir, Gerlach und Kölliker, so schreibt auch Isaacs[2] mit Recht dem Parenchym der Nieren ein bindegewebiges Stroma zu, das sowohl die Harnkanälchen, wie die Kapseln umgiebt. Um letztere ist es indess massenhafter angelagert als um die Harnkanälchen, um welche ich es in der gesunden menschlichen Niere viel weniger reichlich finde als man es nach den Abbildungen von Isaacs[2]

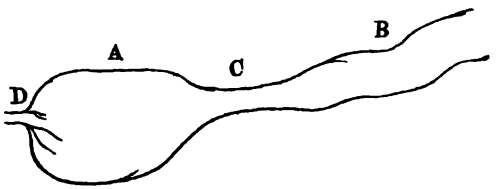
[1] Vgl. oben S. 218 die Note.

[2] A. a. O. p. 610, 611, Pl. XLI, XLII.

warten sollte, obwohl die menschliche Niere reicher an Bindegewebe ist als die des Hundes. Bindegewebskörperchen finden sich vorzugsweise in der Umgebung der Kapseln; sie ahmen wohl hier und da die Gestalt von kleinen glatten Muskelfasern nach, aber sie sind steifer, entschiedener spindelförmig, oft in lange feine Spitzen ausgezogen, meist mit dickeren, kürzeren Kernen versehen und widerstehen dem Kali besser als die Muskelfasern, denn in 35procentiger Kalilauge halten sie sich über 4 Stunden lang. Das Bindegewebe liegt sowohl den Harnkanälchen, wie den Kapseln locker an; deshalb begegnet man in Schnitten der menschlichen Nieren so häufig von Bindegewebe umgrenzten Lücken, aus welchen der Querschnitt eines Harnkanälchens oder eine Kapsel herausgefallen sind.

Der Froschniere gedenke ich, um die Unterschiede gegenüber der menschlichen Niere hervorzuheben. Mit Hülfe des oben empfohlenen Verfahrens gelingt es so leicht, die Kapseln in Verbindung mit

Fig. 5.



längeren Harnkanälchen darzustellen, dass ich nicht anstehe zu behaupten, in der Froschniere seien alle Kapseln ohne Ausnahme einkanälig. Ferner ist es für die Froschniere im Vergleich zur Niere des Menschen und der Säugethiere charakteristisch, dass ihre Harnkanälchen, wo sie von der Kapsel entspringen, immer einen kleineren Durchmesser besitzen als in ihrem übrigen Verlauf. Will man die Kapsel (A in Fig. 5) als den Kopf eines Harnkanälchens gelten lassen, dann kann man sagen, dass das Harnkanälchen durch einen verjüngten Hals (C) mit der Kapsel verbunden sei. Ich habe mit Herrn Dr. Fudakowski an Kapseln mit Harnkanälchen, welche uns Präparate aus meiner starken Essigsäuremischung in Kali 35 % geliefert hatten, je 20 Messungen der Kapseln, der Länge jenes Halses und seines Durchmessers an der engsten Stelle, so wie des Durch-

messers der Harnkanälchen in weiterer Entfernung von der Kapsel angestellt. Wir fanden folgende in Millimeter ausgedrückte Maasse.

	Minimum.	Maximum.	Mittel.
Länge der Kapseln	0,080	0,180	0,116
Breite	0,050	0,130	0,083
Länge des Halses	0,020	0,140	0,064
Durchmesser des Halses an der engsten Stelle	0,017	0,030	0,023
Durchmesser des Harnkanälchens in einiger Entfernung vom Halse . .	0,035	0,055	0,044

Also sind nach gleicher Behandlung die Bowman'schen Kapseln des Menschen mehr als doppelt so gross wie die des Frosches. Bei Frosche verhält sich die Breite der Kapseln zu ihrer Länge nahe wie 2 : 3, sie sind also etwas länglicher als die des Menschen. Die Länge des Halses kann die Breite der Kapsel übertreffen, gewöhnlich steht sie gegen dieselbe zurück, und der Hals kann so kurz sein, dass seine Länge seinem Durchmesser an der engsten Stelle gleicht. Der Durchmesser der gewundenen Harnkanälchen ist durchschnittlich fast nahe doppelt so gross wie der des Halses da wo er am engsten ist. Das vas afferens des Glomerulus besitzt im *nicht injicirten* Zustande einen Durchmesser, der etwa halb so gross ist wie der des Halses der Kapseln an seiner engsten Stelle, er misst nämlich 0,01 M. M. Was das Epithel der Kapseln beim Frosche anbelangt, so bildet es auf der Innenwand nur in der Nähe des entspringenden Harnkanälchens eine zusammenhängende Lage, in der Umgebung des Aequators der Kapsel und im Bereich ihrer Kuppel liegen die Zellen zerstreut; auch das Gefässknäuel ist viel spärlicher mit Zellen belegt als beim Menschen oder beim Hunde.

Als wichtigste Behauptungen, zu welchen mich die in diesem Aufsatze empfohlene Methode zur Untersuchung der Nieren geführt hat, möchte ich folgende zusammenstellen:

1) In der Niere des Menschen sind zweikanälige Kapseln häufiger als einkanälige.

2) In der Froschniere kommen nur einkanälige Kapseln vor.

3) Die Harnkanälchen der menschlichen Niere gehen meist durch eine trichterförmige Erweiterung allmälig in die Kapseln über, während sie beim Frosche immer durch einen verjüngten Hals mit der Kapsel verbunden sind.

4) Sowohl die Innenwand der Kapsel, wie die Oberfläche des Gefässknäuels sind mit Epithelzellen versehen, aber an der letztgenannten Stelle sind sie grösser und zahlreicher als an der erstgenannten; sodann finden sich beim Menschen an beiden Orten mehr Epithelzellen als beim Frosche.

Zürich, 18. August 1861.

XI.

Ueber den Metallglanz.

Von

Ernst Brücke [1]).

Am 11. December 1860 sandte mir Herr Dr. Schuh, Bezirksarzt zu Ragendorf in Ungarn, sechs kleine Harnsteine, die aus der Blase und Harnröhre eines Ochsen entnommen waren. Fünf hatten die Grösse von Hasenschrot und waren rundlich; einer, fast dreimal so gross, bestand aus drei durch aufgelagerte Schichten vereinigten Concrementen, der sechste war so gross, wie eine Bohne, unregelmässig von Gestalt, und gleichfalls durch Vereinigung mehrerer entstanden. Sie zeichneten sich sämmtlich durch einen höchst auffallenden Metallglanz aus. Derselbe war so täuschend, dass man die Concretionen, wenn man ihre sonstigen Eigenschaften nicht geprüft, für Körner eines goldähnlichen Metallgemisches hätte halten können. Ich wickelte eines der Steinchen in Papier und führte mit dem Hammer einen leichten Schlag darauf. Sofort zerfiel es in lauter Bruchstücke von dünnen concentrischen Schalen, aus denen das ganze Concrement zusammengesetzt war. Völlig glatt an ihrer äusseren und inneren Oberfläche zeigten sie noch deutlichen Metallglanz, die dünnsten waren durchscheinend, die dickeren opak. Ich kochte einen Theil dieser Bruchstücke in Terpentinöl aus, um die in- und adhärirende Luft

---

[1]) Aus den Sitzungsberichten der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften (Jänner 1861), vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

zu entfernen und durch einen stark lichtbrechenden Körper zu ersetzen; sie wurden dabei durchsichtiger und verloren ihren Metallglanz. Ich schloss sie nun in Dammarlack ein und betrachtete sie unter dem Polarisationsmikroskop; sie waren sehr deutlich doppelbrechend und gaben bei gekreuzten Nikol'schen Prismen theils das primäre Grau, theils auch höhere Farben; hier und da waren kleine sehr zierliche Ringsysteme mit schwarzen Kreuzen eingestreut. Eine andere Portion der Bruchstücke wurde in verdünnter Essigsäure gelöst; es entwickelte sich dabei viel Kohlensäure und die abfiltrirte Flüssigkeit enthielt ausser freier Essigsäure essigsauren Kalk und eine geringe Menge essigsaurer Bittererde.

Was von der Essigsäure nicht gelöst worden war, erwies sich unter dem Mikroskop als die organische Grundlage, die bräunlich von Farbe, noch die Form der Bruchstücke beibehalten hatte. Sie war nunmehr völlig weich, ohne doppelbrechende Eigenschaften, zeigte einen lamellösen Bau, aber keine Structur im histologischen Sinne des Wortes. Das Concrement hatte also bestanden aus dieser organischen Grundlage mit krystallisirtem kohlensaurem Kalk und einer Beimischung von kohlensaurer Bittererde.

Ich hatte in meiner Sammlung noch Harnsteine von einem andern Rinde. Dem untersuchten in der Form ähnlich, aber wenig glänzend, waren sie braun von Farbe und hatten einen kaum merklichen metallischen Schimmer. Abgesehen vom geringeren Glanze zeigten sie etwa das Ansehen jener Zinkgusswaaren, die man mit einem braunen Firniss überzogen hat, um ihnen das Ansehen von oxydirter Bronze zu geben. Sie zerfielen nicht, wie jener, beim Zertrümmern sofort in concentrische Schalenstücke, sondern zerbrachen unregelmässig; doch waren sie geschichtet und nachdem die Bruchstücke mit Essigsäure ausgezogen waren, liess sich der lamellöse Bau der hier dunkler gefärbten organischen Grundlage deutlich erkennen. In ihrer chemischen Zusammensetzung unterschieden sie sich dadurch, dass sie ausser kohlensauren noch eine geringe Menge von phosphorsauren Erden enthielten.

In Steiermark werden bisweilen Gemsen geschossen, deren Zähne am Rande des Zahnfleisches einen schön goldglänzenden Beleg tragen.

Unter den Jägern geht die Sage, dass in unzugänglichen Felsklüften goldhaltige Quellen fliessen, mit deren Wasser die Thiere ihren Durst gelöscht haben. Ich habe einmal einen Unterkiefer mit solchem goldglänzenden Zahnstein in Händen gehabt, den unser verstorbener College V. Kollar in eine unserer Sitzungen brachte. Ich habe damals keine chemischen Versuche angestellt, aber schon mit blossen Augen und noch deutlicher mit der Loupe den lamellösen Bau erkannt, und zweifle nach meinen Erinnerungen nicht, dass jener Beleg ein unseren goldglänzenden Harnsteinen ganz analoges Gebilde war.

Bei Betrachtung der letzteren dachte ich darüber nach, woher denn ihr so höchst auffallendes metallisches Aussehen rühre und wurde hierdurch dazu geführt, zu untersuchen, worin denn das Wesentliche, das Charakteristische des Metallglanzes bestehe und worin derselbe seinen Grund habe.

Früher als man den Metallen unverhältnissmässig hohe Brechungsindices zuschrieb, konnte man die Eigenthümlichkeit ihres Glanzes hiermit in Verbindung bringen, obgleich es nicht klar war, wie uns bei der Undurchsichtigkeit dieser Körper aus der grossen optischen Dichtigkeit derselben eine bestimmte Sensation erwachsen sollte. Jetzt muss man diesen Punkt gänzlich fallen lassen. Jene hohen Brechungsindices waren aus dem Winkel des Polarisationsmaximums berechnet; seitdem hat aber Cauchy gezeigt, dass man ganz andere Resultate erhält, wenn man den Brechungsindex nach seinen in so vielen anderen Punkten durch die Erfahrung bestätigten Formeln berechnet. Er findet ihn nach diesen beim Quecksilber = 1,7, also kleiner als den des Spinell, und etwa dreimal kleiner als man ihn früher angenommen hatte.

Ebensowenig kann man das Specifische des Metallglanzes von der elliptischen Polarisation ableiten, welche die Metalle bei der Reflection einem geradlinig polarisirten Strahl mittheilen, dessen Polarisationsebene weder mit der Einfallsebene parallel liegt, noch auch senkrecht auf derselben steht. Abgesehen davon, dass wir im geradlinig polarisirten Lichte die von unserem geehrten Collegen Haidinger entdeckten Büschel sehen, giebt uns das blosse Auge keinen Aufschluss über den Polarisationszustand der in dasselbe eindringenden Schwingungen. Dass

der specifische Eindruck des metallischen von diesem völlig unabhängig ist, sieht man leicht, wenn man irgend einen metallenen Gegenstand durch ein Nicol'sches Prisma beobachtet. Dann dringt nur geradlinig polarisirtes Licht in unser Auge; das Metall hat nach wie vor sein metallisches Ansehen: man dreht das Prisma durch alle Azimute, die Intensität des Glanzes, bis zu einem gewissen Grade auch die Farbe ändern sich, aber das Ansehen bleibt metallisch.

Wir müssen somit nach anderen Kriterien suchen, nach solchen bei denen wir einen directen Zusammenhang mit unseren Gesichtsempfindungen nachweisen können.

Bei den nicht metallisch glänzenden Körpern ist die Farbe des an ihrer Oberfläche gespiegelten Lichts unabhängig von der Localfarbe, wenn ich unter Localfarbe diejenige Farbe verstehe, welche dem Körper an und für sich zukommt. Das gespiegelte Licht hat die Farbe des einfallenden. Es ist dies eine Thatsache, die wohl Einigen längst bekannt, von Oersted durch zahlreiche Beispiele erläutert und allgemein zur Anerkennung gebracht wurde. Später fand Arago, dass das Licht der Localfarbe unvollkommen polarisirt ist und zwar senkrecht auf die Einfallsebene. Er schloss daraus, dass es aus dem Innern des Körpers hervorkomme, während das in der Einfallsebene polarisirte Licht des Glanzes an der Oberfläche reflectirt wird.

Betrachtet man im gewöhnlichen Tageslichte eine farbige glänzende Fläche, z. B. ein farbiges Glanzpapier oder eine polirte Tafelplatte unter geeignetem Winkel durch Haidinger's dichroskopische Loupe und dreht dieselbe so, dass der Hauptschnitt des Kalkspathes mit der Einfallsebene parallel liegt, oder mit ihr einen Winkel von 90 Grad macht, so hat man zwei Bilder, von denen das eine, vom gespiegelten Lichte herrührende, nahezu weiss ist, das andere die Localfarbe des Papieres oder des Tisches zeigt, eine Beobachtung, die in dieser Form zuerst von Botzenhart [1]) gemacht wurde, welche sehr geeignet ist, anschaulich zu machen, dass in diesen Fällen die Farbe des Glanzes nichts mit der Localfarbe und die Localfarbe nichts mit ihm zu schaffen hat.

[1]) Poggendorff's Annalen. LXVIII, 291.

Anders verhält es sich bei den Metallen, hier ist die Localfarbe durch die Farbe des gespiegelten Lichtes bedingt, oder richtiger gesagt, die Farbe, welche wir dem Metalle zuschreiben, ist die des gespiegelten Lichtes, das einfallende als weiss angenommen; also ein rothes Metall glänzt roth, ein gelbes Metall glänzt gelb.

Wenn man den Botzenhart'schen Versuch mit einem lebhaft gefärbten Metalle, z. B. mit Gold, anstellt, so zeigen sich beide Bilder auffällig verschieden. Das in der Einfallsebene polarisirte ist viel heller und hat einen Stich in's Röthliche, das andere zeigt eine gesättigt goldgelbe Farbe. Noch auffallender ist der Farbenunterschied beider Bilder beim Kupfer. Man könnte deshalb glauben, es finde hier dasselbe Statt, wie bei den nicht metallglänzenden Körpern, das Resultat sei nur weniger schlagend, weil von den Metallen das gemeine Licht, selbst wenn es unter dem Winkel des Polarisationsmaximums einfällt, nur höchst unvollständig polarisirt wird. In der That und Wahrheit aber hat das Resultat, welches der Botzenhart'sche Versuch bei Metallen giebt, einen ganz anderen Sinn.

Von Sir David Brewster, Mac-Cullagh, Cauchy, de Sénarmont und Jamin, ist die Reflection des Lichtes an Metallen mit solchem Erfolge studirt worden, dass sie jetzt mit zu den bestangebauten Gebieten der Optik gehört, und der zuletzt genannte Gelehrte eine Theorie der Farben der Metalle aufstellen konnte, welche nicht weniger direct auf den allgemeinen Principien der Undulationstheorie beruht, als die Erklärung der Brechungs- und der Beugungsfarben, der Farben des Newton'schen Ringsystems u. s. w.

Bei diesen Untersuchungen ergab es sich aus Cauchy's Formeln unter Zuziehung der von Jamin experimentell ermittelten Constanten, dass die farbigen Metalle bei der Reflection die Farbe des weissen Lichtes anders modificiren, wenn es in der Einfallsebene, anders, wenn es senkrecht auf dieselbe polarisirt ist, und zwar so, dass sie mit letzterem Azimut im Ganzen eine mehr gesättigte Farbe geben, mit ersterem eine mehr blasse [1]). Da wir uns nun das gemeine

[1]) J. Jamin: Ueber die Farben der Metalle. Poggendorff's Annalen. LXXIV, 528. — Ann. de chim, et de phys. Ser. III. T. XXII, p. 311.

Licht vorzustellen haben als eine Succession von Schwingungen mit fortwährend wechselnden Azimuten, von denen jede einzelne sich bei der Reflection ebenso verhält, wie eine Undulation eines unter ihrem Azimute polarisirten Lichtwellenzuges von gleicher Amplitude und Schwingungsdauer, so ist es klar, dass wir nicht zwei Bilder von gleicher Farbe erhalten können, wenn wir das vom Metall reflectirte Licht in solches zerlegen, das in der Einfallsebene und in solches, das senkrecht auf die Einfallsebene polarisirt ist. Aber das Licht *beider* Bilder, die wir mittelst der dichroskopischen Loupe wahrnehmen, ist gespiegeltes Licht: von diesem also hängt die Farbe ab, die wir dem Metall zuschreiben, und die Farbe des Metalls ist die Farbe seines Glanzes. Dieser innige Zusammenhang zwischen Glanz und Farbe ist etwas, was sich dem Auge unmittelbar aufdrängt und uns bestimmt, auch gewisse nicht metallische Körper, an denen er sich findet, als metallglänzend zu bezeichnen. Wenn wir aber die charakteristischen Eigenschaften des Metallglanzes erschöpfend betrachten wollen, so müssen wir noch auf ein Paar andere Punkte Rücksicht nehmen.

Ein Punkt, der in Beziehung auf die innere Ursache der Erscheinungen auf's engste mit dem vorhergehenden zusammenhängt, ist die Undurchsichtigkeit der Metalle. Wir sehen nie etwas durch ihre Oberfläche hindurch, sondern alles nur an der Oberfläche oder von derselben gespiegelt. Wir werden deshalb auch keinen nicht metallischen Körper als metallglänzend bezeichnen, der nicht wenigstens insoweit opak ist, dass uns seine Durchsichtigkeit bei der gewöhnlichen Betrachtung nicht auffällt, mit anderen Worten, keinen Körper, bei dem das etwa aus der Tiefe kommende Licht nicht von dem an der Oberfläche reflectirten vollständig verdeckt wird.

Ein dritter Punkt, der die Metalle in hohem Grade auszeichnet, ist die Intensität ihrer Lichtreflection selbst bei mangelhafter Politur. Es ist dies einerseits begründet in ihrem hohen Reflectionsvermögen als solchem, andererseits in ihrer Zähigkeit. Der Strich auf einer spröden polirten Substanz, wie Glas oder Edelstein ist für das blosse Auge matt und ebenso ein System von solchen Strichen; aber der Strich auf einem regulinischen Metalle ist eine glänzende Furche.

Um die volle Wirkung vom Metallglanze zu haben, muss man die Oberfläche als solche sehen. Ist ein Metallspiegel höchst vollkommen geschliffen und polirt, und man befindet sich in einiger Entfernung von ihm, so verschwindet die Oberfläche ganz, man sieht nur noch sein Bild in demselben, und es ist zweifelhaft, ob ein Mensch, der nie einen solchen Spiegel gesehen hat, ihn ohne nähere Prüfung als Metallplatte erkennen würde, auch wenn er sonst mit metallischen Gegenständen vertraut wäre. Wenn man dagegen die Oberfläche mit ihren Schliffstreifen und Politurfehlern sieht, so erkennt man gerade an der Beschaffenheit solcher fehlerhafter Stellen mit Rücksicht auf den eben besprochenen Punkt, dass man es mit einem Metalle zu thun hat.

Es lässt sich zeigen, dass uns durch Rauhigkeit der Oberfläche bei gleichzeitig starker Lichtreflection auch von Gegenständen, die an sich keinen Metallglanz haben, die Vorstellung von etwas metallischem erregt werden kann. Das nächste Beispiel dafür sind die Silberstreifen, welche der Mond über leicht vom Abendwinde bewegte Wasserspiegel ausgiesst.

Die kleinen Wellen lassen uns aus der Ferne die Oberfläche des Wassers als rauh erscheinen, und die gleichzeitige starke Lichtreflection giebt ihr ein metallisches Ansehen, metallischer als das der Mondscheibe selbst.

Es liegt mir nun ob, noch an einigen Beispielen von Metallglanz an Körpern, die keine Metalle sind, zu zeigen, wie sich auch hier die Bedingungen finden, durch welche wir vermocht werden, den Glanz als metallisch zu bezeichnen. Diese Bedingungen waren, um es kurz zu wiederholen:

Zusammenhang zwischen Glanz und Farbe, relative Undurchsichtigkeit, verhältnissmässig starker Glanz auch bei mangelhafter Glätte.

Ich kann hier nicht näher eingehen auf den reichen Schatz von Beobachtungen an gewissen schön gefärbten Salzen, er uns von unserem geehrten Collegen Haidinger in unseren Sitzungsberichten und in Poggendorff's Annalen aufbehalten ist. Ihre weitere Be-

arbeitung muss denen verbleiben, welche die krystallographische Optik zu ihrem Fache gemacht haben. Ich will nur an einige Thatsachen anknüpfen, die theils aus dem alltäglichen Leben bekannt, theils gewöhnliche Waare auf dem grossen Markte der Wissenschaft sind.

Eine allgemein bekannte Erscheinung ist der Metallglanz bei totaler Reflection. Wie kommt er zu Stande? Zunächst ist es die Intensität der Reflection selbst, die Grösse der zurückstrahlenden Lichtmenge, welche an die metallische Reflection erinnert, aber die Täuschung wird erst vollkommen dadurch, dass von der spiegelnden Stelle kein dioptrisch gesehenes Licht in unser Auge gelangt. Hierdurch werden die zwei anderen wesentlichen Bedingungen erfüllt: erstens, dass die reflectirende Fläche als die Oberfläche eines undurchsichtigen Körpers erscheint, und zweitens, dass von ihr kein Licht zum Auge gelangt, das sich durch seine Farbe von der des Glanzes unterscheiden und so als Localfarbe des glänzenden Körpers gelten könnte. Man giesse auf einen Tisch am Fenster etwas Wasser und setze darauf ein mit Wasser gefülltes Becherglas so, dass an der unteren Fläche desselben einige Luftblasen haften bleiben; dann erscheinen dieselben, wenn man das Gesicht gegen das Fenster gewendet schief durch das im Glase befindliche Wasser auf sie hinblickt, genau wie Quecksilbertropfen, plattgedrückt durch die Schwere des Glases. Dieser Anblick ist noch viel frappanter als der des bekanntlich an einem Reagirglase, das man leer in einem Cylinder mit Wasser untergetaucht hat, erscheinenden Metallglanzes.

Die Reflection braucht übrigens nicht vollständig an einer Fläche zu erfolgen. Auch ein System dicht hinter einander liegender Flächen kann denselben Effect hervorrufen. So erscheint z. B. eine aufgeblätterte Glimmerplatte metallglänzend auch unter Winkeln, unter denen jede einzelne Lamelle nicht total reflectirt, wenn nur durch Summirung der auf einander folgenden Reflexe alles etwa durchgehende Licht vollständig verdeckt wird.

Die aufgeblätterte Glimmerplatte führt uns zu einer andern Gruppe von Beispielen, zu den metallglänzenden Schillerfarben der Federn. Warum hat der Glanz der Pfauenfedern, der Halsfedern der Haustaube u. s. w. etwas deutlich metallisches?

Ich habe zunächst Federn vom Halse einer grauen Haustaube untersucht.

Der Schiller liegt nur auf der Aussenfläche und auch hier nur auf dem peripherischen Theile der Federn, in dem die Strahlen verhältnissmässig fest und starr, nicht daunenartig sind.

Die Farbe ändert sich beim Uebergange von der senkrechten zur streifenden Incidenz von Roth in Grün, oder von Grün in Roth. Wenn man die Feder benetzt, so verschwinden die Farben und kehren wieder, wenn sie wieder trocken wird. Man wendet zu diesem Versuche am besten Weingeist an, weil er leichter von der Feder aufgenommen wird als Wasser und rascher wieder verdunstet.

Bei der Untersuchung unter dem Mikroskop und im auffallenden Lichte bemerkt man die Zellen, von denen die Farbe ausgeht. Die Grenzlinien, an denen je zwei Zellen aneinander gefügt sind, erscheinen dunkel, so auch die Kerne, wo sie sich unterscheiden lassen. Da mich das dunkle Pigment an einer mikroskopischen Untersuchung bei durchfallendem Licht hinderte, so nahm ich eine weisse Haustaube zu Hülfe. Hier ist das Spiel der Farben natürlich sehr viel schwächer wegen der grossen Menge weissen Lichtes, das ihnen beigemischt wird, aber sie sind doch nicht nur für die Untersuchung mit blossen Augen, sondern auch für das Mikroskop hinreichend deutlich; ja letzteres zeigt sie sogar in unerwarteter Schönheit, wahrscheinlich deshalb, weil an sehr stark mit Weiss gemischten Farben bei bis zu einem gewissen Grade abnehmender Lichtstärke der Ton deutlicher hervortritt. Bei der mikroskopischen Untersuchung der trockenen Feder zeigten sich hier auch die Farben des durchfallenden Lichtes, natürlich schwächer als die des auffallenden, wie sich dies ja beim Newton'schen Farbenglase aus bekannten Gründen auch so verhält. Die Kerne lagen als wasserhelle Flecken in ihrer relativ dunkleren und gefärbten Umgebung, gegen die sich auch die Grenzlinien der aneinander stossenden Zellen nunmehr hell absetzten, so dass also dieselben Theile, die wir früher beim auffallenden Lichte dunkel und farblos gefunden hatten, nunmehr hell und farblos erschienen. Befeuchtete ich die Feder mit Weingeist, so hellten sich die gefärbten dunkleren Partien auf und als ich sie mit Terpentinöl und Dammarfirniss tränkte, wurde

alles so glashell durchsichtig, dass die Zellengrenzen, die sich früher als helle farblose Linien auf dunklerem, gefärbtem Grunde ausgezeichnet hatten, nur noch schwach sichtbar blieben. An einzelnen Stellen, die von der Firnissmasse nicht vollständig durchdrungen waren, fanden sich dunkle meist in die Länge gezogene mikroskopisch kleine Blasenräume.

Aus diesem allen scheint mit hinreichender Deutlichkeit hervorzugehen, dass die Farben des Taubenhalses Farben dünner Blättchen sind, und als solche durch zwei Reflectionen hervorgebracht werden, von denen die eine beim Uebergange von Licht aus der Luft in einen festen Körper, die andere beim Uebergange von Licht aus einem festen Körper in Luft entsteht. Die Oberhaut der Chamäleonen zeigt gleichfalls Schillerfarben, von denen ich an einem andern Orte [1]) ausführlich nachgewiesen habe, dass sie, wie die Farben der Newton'schen Ringe entstehen. Dort ist der Abstand der reflectirenden Flächen sehr ungleichmässig, so dass das Mikroskop an einer und derselben Zelle immer mehrere Farben gleichzeitig nachweist. An den Taubenhalsfedern ist dies in geringerem Grade der Fall, so dass eine Farbe stets die Hauptfarbe ist, neben der nur hier und da andere auftreten. Für die mikroskopische Untersuchung, bei der zunächst die Strahlen in Betracht kommen, die mit dem Einfallslothe verhältnissmässig kleine Winkel machen, ist die Hauptfarbe des auffallenden Lichtes bei den meisten Zellen Grün, die des durchfallenden Roth.

Zu einem viel weniger vollständigen Ergebniss führte mich die Untersuchung der durch die Schönheit ihrer Schillerfarben und die Deutlichkeit ihres Metallglanzes so ausgezeichneten Schwanzfedern der Pfauen. An den gefärbten hinderte mich bei der mikroskopischen Untersuchung das dunkle, braune Pigment und die Schwanzfeder eines weissen Pfaues, die ich zur Vergleichung herbeizog, zeigte keine Spur von Schillerfarben; es waren je nach der Beleuchtung nur Matt und Glanz auf ihr verschieden vertheilt, ähnlich, wie dies bei Damastgeweben der Fall ist. Noch in einem andern Punkte weichen

---

[1]) Ueber den Farbenwechsel des afrikanischen Chamäleons. Denksch. IV, 179.

die Pfauenfedern wesentlich von denen des Taubenhalses ab. Sie verlieren durch Benetzen ihre Schillerfarben nicht, ja selbst durch Auskochen in Terpentinöl werden dieselben nicht zerstört, sondern nur in Glanz und Farbenton etwas verändert. Die Angabe, dass der Schiller der Pfauenfedern von Furchensystemen wie bei den irisirenden Knöpfen herrühre, scheint mir ganz unbegründet. Ich habe solche mit den besten Vergrösserungsmitteln nicht auffinden können. Auch lassen sich die Erscheinungen nicht nach dem Princip der irisirenden Knöpfe, wohl aber nach dem der dünnen Blättchen erklären. Legt man das mit dem sogenannten Auge versehene peripherische Ende einer Pfauenfeder zwischen sich und einer Lichtquelle horizontal auf eine Unterlage, die sich um eine verticale Achse dreht; so wird man finden, dass die Farben durch alle Phasen der Drehung dieselben bleiben; hebt oder senkt man aber die Feder, dann ändern sich die Farben sofort; sie sind also unabhängig von der Orientirung und nur abhängig von der Incidenz. Beim Uebergange aus der senkrechten in die streifende Incidenz verändert sich Grün durch Blau in Purpur und andererseits Kupferroth in Grün.

Nach diesen Vorbemerkungen über die Schillerfarben der Federn gehen wir zu den Eigenschaften über, welchen sie ihren Metallglanz verdanken. Zunächst ist es wieder der Zusammenhang von Glanz und Farbe, der hier natürlich durch die Interferenzfarben als solche bedingt wird; zweitens ist es die Undurchsichtigkeit, deren Einfluss hier recht fühlbar wird, indem die Halsfedern weisser Tauben trotz ihres Schillers keine Spur von metallischem Ansehen, sondern nur eine Art von Perlmutterglanz zeigen. Endlich ist auch die dritte Bedingung realisirt, grosse Intensität des Glanzes, und der Grad desselben bestimmt an den verschiedenen Theilen der Feder wesentlich mit das mehr oder weniger metallische Aussehen. Abgesehen davon machen uns an den Federn die kupferrothen und goldgelben Stellen stets vollkommener den Eindruck des Metallischen als die anders gefärbten, weil sich an sie direct die Vorstellung von einem bestimmten uns schon bekannten Metalle knüpft.

Nehmen wir jetzt ein Paar Beispiele, an denen sich anscheinend das nicht bestätigt, was ich oben über den Zusammenhang von

Glanz und Farbe bei den metallglänzenden Körpern gesagt habe. Wir werden bald sehen, dass diese Nichtbestätigung nur eine scheinbare ist. Das natürlich vorkommende rothe Eisenoxyd, der Blutstein, ist roth, sein Glanz ist weiss, respective grau, wie der des Eisens und dabei metallisch. Hier haben wir also allem Anscheine nach einen Metallglanz, dessen Farbe mit der Localfarbe nichts zu schaffen hat; und doch ist das Verhältniss beider zu einander ein ganz anderes als bei den nicht metallisch glänzenden Körpern: das sehe ich sogleich, wenn ich eine glänzende Stelle der Oberfläche des Blutsteins durch die dichroskopische Loupe betrachte: ich erhalte dann nicht, wie bei rothem Papier oder rothem Siegellack ein Bild, das weiss oder grau und ein zweites, das roth ist: beide Bilder sind grau, das eine heller, das andere dunkler. Der Unterschied liegt also darin, dass das Siegellack da, wo es glänzt, auch roth ist, und ebenso das rothe Papier, dass aber der Blutstein zwar da, wo er matt ist, eine rothe Farbe zeigt, aber da, wo er glänzt, nicht roth ist, sondern grau. Daher macht mir bei der Undurchsichtigkeit des Körpers sein Glanz denselben Eindruck des Metallischen, wie der Glanz von Eisen oder von Graphit.

Ein ähnliches Beispiel ist der Indigo. Der Indigo ist blau, sein Glanz ist kupferroth und metallisch; aber da, wo er metallisch glänzt, sieht man nichts vom Blau, und wenn man die mit dem Achat oder Polirstahl hervorgebrachte spiegelnde Fläche durch die dichroskopische Loupe betrachtet, so erhält man zwei röthliche Bilder von verschiedenem Farbenton, wie beim Kupfer, aber kein blaues. Das Blau, welches wir an der matten Oberfläche des Indigo bemerken, ist Absorptionsfarbe, ist dasselbe Blau, welches sehr kleine Indigopartikeln im durchfallenden Lichte unter dem Mikroskope zeigen. Der Indigo ist nur blau, wo einzelne Partikeln so locker neben einander liegen, dass das Licht, welches die eine Seite derselben bestrahlt, nach Durchsetzung des Partikels an der anderen Seite desselben reflectirt wird, und so auf seinem Hin- und Rückwege der Absorption des Indigo unterworfen blau zum Auge zurückgelangt.

Hat der Polirstahl einmal die Partikelchen aneinander gedrückt, so verschwindet mit diesen Reflectionen auch das Blau, und die Farbe

der nunmehr glänzenden Oberfläche, durch die bei der äusserst geringen Durchsichtigkeit des Indigo kein Licht mehr aus der Tiefe zurückstrahlt, ist kupferroth.

Ich will hieran noch ein Beispiel anschliessen, welches zeigt, wie ein Glanz, den man an und für sich durchaus nicht metallisch nennen würde, plötzlich metallisch erscheint, wenn man das durch die glänzende Oberfläche hindurchstrahlende Licht wegschafft. Ich besitze einen grossen farblosen Gallenstein aus Cholesterin, den ich um sein schönes krystallinisches Gefüge zu zeigen, durchsägt und auf der Schnittfläche polirt habe. Betrachtet man diese unter dem Polarisationswinkel durch ein Nicol'sches Prisma, so dass der Hauptschnitt des Kalkspaths parallel liegt mit der Einfallsebene, so sieht man die Structur des Gallensteins sehr gut, weil man nun nicht durch das von der Oberfläche reflectirte Licht gestört wird; dreht man das Prisma um 90 Grad, so verschwindet das aus dem Inneren kommende Licht und mit ihm das Gefüge, und man sieht nur eine glänzende Oberfläche, die mit ihren kleinen Schrammen und Schliffstreifen nun ganz den Eindruck von geschliffenem und polirtem Eisen macht.

Die dichroskopische Loupe liefert natürlich beide Eindrücke gleichzeitig und neben einander in ihren beiden Bildern. Dieselbe Erscheinung des anscheinend metallischen Glanzes im Bilde des in der Einfallsebene polarisirten Lichtes habe ich in dem kaiserlichen Mineralien-Cabinet an den geschliffenen Flächen eines auf schwarzem Grunde liegenden Diamants und an den natürlichen Flächen eines Stückes Weissbleierz bemerkt. Dies leitet auf eine Erklärung des sogenannten metallähnlichen Demantglanzes hin. Denken wir uns ein Mineral, das einen sehr hohen Grad von Reflectionsvermögen besitzt, so hat es hierin eine Eigenschaft, in der es sowohl den Metallen als auch dem Diamant ähnlich ist. Lässt es nun ausserdem Licht durch, so ist dies eine Eigenschaft, die es von den Metallen unterscheidet. Ist aber die Menge des durchgelassenen Lichtes nicht gar zu gross, so wird es an den jeweilig spiegelnden Flächen neben der Menge des reflectirten vollständig verschwinden und diese können nun als wirklich metallisch erscheinen, während sich an den übrigen

die durch Absorption entstandene Localfarbe geltend macht. Hiernach muss man vermuthen, dass ein Mineral, dem die Eigenschaft des metallähnlichen Diamantglanzes zukommt, umsomehr Diamantglanz zeigt, je mehr Licht es durchlässt, während sein Aussehen um so metallischer wird, je weniger Licht es durchlässt. Drei verschiedene Proben von Rothgiltigerz, die Herr Director Hörnes mir zu zeigen die Güte hatte, schienen dies zu bestätigen, und in der That finde ich schon in Mohs's Mineralogie bei der Beschreibung des Rothgiltigerzes angegeben: „Demantglanz, in lichteren Varietäten gemeiner, in dunkleren metallähnlicher."

Wir wollen jetzt noch einen Fall betrachten, in dem die objectiven Bedingungen des Glanzes überhaupt nicht vorhanden sind, und somit auch nicht die für den Metallglanz, und wo wir dennoch einen metallglänzenden Gegenstand zu sehen glauben.

Mein hochverehrter Lehrer, Herr Professor Dove, zeigte bekanntlich vor einer Reihe von Jahren, dass zwei Projectionen eines Körpers, z. B. einer Pyramide, die eine mit schwarzen Flächen, während die entsprechenden der andern weiss sind, im Stereoskop ein Relief geben, dessen Flächen zu glänzen scheinen, als ob der Körper aus Graphit geschnitten wäre.

Die Frage, warum wir überhaupt hier den Eindruck des Glanzes haben, muss wohl mit Oppelt [1]) und Helmholtz [2]) dahin beantwortet werden, dass dies deshalb der Fall sei, weil wir mit einem Auge da hell sehen, wo wir mit dem andern Auge dunkel sehen. Man kann dagegen nicht geltend machen, dass man ja auch mit einem Auge die blanken Gegenstände glänzen sieht, ja dass man sogar, wie Burckhardt [3]) dies gethan hat, auch für ein Auge

---

[1]) Jahresbericht des physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M. 1853—1854, pag. 52.

[2]) Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande und Westphalens. 13. Jahrgang, pag. XXXVIII.

[3]) Verhandlungen der naturwissenschaftl. Gesellschaft in Basel. I, 154—157. — Fortschritte der Physik, dargestellt von der Berliner physikalischen Gesellschaft. 1854, pag. 310.

durch gewisse Combinationen von weiss und schwarz den Eindruck des Glanzes hervorbringen kann. Dies würden dem gegenüber Einwände sein, der das Wesen des Glanzes allgemein erklären wollte aus ungleichen Eindrücken, die correspondirende Stellen beider Netzhäute gleichzeitig empfangen. Darum aber handelt es sich hier nicht, es handelt sich hier darum, warum wir in unserm speciellen Falle urtheilen, dass das Relief, welches wir im Stereoskope sehen, glänze. Wenn wir matte Oberflächen sehen, erscheinen sie beiden Augen gleich beleuchtet, wir werden also unmöglich urtheilen können, dass die Wände des stereoskopischen Reliefs matt sind, da wir sie mit einem Auge weiss, mit dem andern schwarz sehen. Glänzende Flächen sind häufig für ein Auge dunkel, für das andere hell, ja aus einiger Nähe betrachtet ist auf glänzenden Oberflächen hell und dunkel niemals gleichmässig für beide Augen vertheilt. Es liegt also nahe, dass wir bei unserm Versuche, indem wir an ein und derselben Stelle mit einem Auge schwarz, mit dem andern weiss sehen, sofort von der Vorstellung des Glänzenden erfasst werden.

Man kann sich auch leicht direct überzeugen, wie wesentlich für diese Vorstellung hier der Gegensatz in den auf beide Augen gemachten Eindrücken ist. Man male an den Projectionen einer vierseitigen abgestumpften Pyramide je zwei gegenüberstehende Pyramiden-Flächen schwarz, zwei lasse man weiss, aber so, dass diejenigen, welche in der einen Projection schwarz gemalt sind, in der andern weiss bleiben. Dann sieht man im Stereoskope die glänzende Pyramide, aber es ist, als ob dieselbe einer bald mehr, bald weniger wechselnden, beweglichen Beleuchtung unterworfen wäre. Es ist dies nichts anderes als die Folge des Kampfes der correspondirenden Netzhautpartien, denen ungleiche Eindrücke dargeboten werden. Je nachdem die Erregung der einen oder der anderen Netzhaut im Centralorgan die Oberhand gewinnt, erscheint das eine oder das andere Flächenpaar stärker beleuchtet.

Dies Alles erklärt uns indessen noch nicht, weshalb uns der Glanz den Eindruck des metallischen macht. Dove's Vergleich mit dem Graphit hat allgemeine Anerkennung gefunden. Der Glanz des Graphits wird von den Mineralogen als Metallglanz bezeichnet, und

in der That finden wir hier auch alle drei Bedingungen für denselben erfüllt: starke Lichtreflection, Undurchsichtigkeit und Mangel einer eigenen vom Glanze unabhängigen Localfarbe.

Wenn wir an ein Stück Graphit mit dem Messer eine Fläche ausschneiden, so erscheint uns dieselbe metallisch glänzend, aber keineswegs spiegelnd und glatt; selbst wenn wir sie mit dem Polirstahl bearbeiten, nimmt sie beim natürlichen noch unverarbeiteten Graphit keine eigentliche Politur an, indem die kleinen Krystalle unter dem Polirstahl herausbröckeln. Untersucht man eine solche Fläche bei auffallendem Lichte unter dem Mikroskop, so bemerkt man, dass die spiegelnden Facetten weisses Licht von bedeutender Intensität zurück werfen, die dazwischen liegenden erscheinen vollkommen schwarz; die Abstände sind aber so gering, dass für das blosse Auge das Licht der spiegelnden Facetten sich über die dunklen Zwischenräume ausbreitet. Daher das grauglänzende Ansehen.

Betrachten wir nun unsere stereoskopische Erscheinung, so sehen wir die Flächen glänzend, weil wir mit dem einen Auge da hell sehen, wo wir mit dem andern dunkel sehen, aber wir sehen sie nicht glatt, nicht polirt, denn erstens spiegelt sich nichts darin; zweitens sehen wir mit dem einen Auge das mehr oder weniger rauhe Papier, mit dem andern die schwarze matte Tuschfläche. Nun bei gleicht sich das Schwarz des einen Auges mit dem Weiss des anderen zu einem bald helleren, bald dunkleren Grau aus. Wir sehen also die Flächen grau, und zwar in einem Grau, dessen Entstehung uns räthselhaft ist, das wir nicht ohne weiteres als einen grauen Anstrich zurückführen können; dabei sehen wir sie nicht polirt, sondern einigermassen rauh, aber doch entschieden, nicht matt, sondern glänzend, und somit muss es ziemlich natürlich erscheinen, dass es unter dem in unserem Sensorium aufgespeicherten Material von Eindrücken zunächst der des Graphits ist, an den wir erinnert werden.

Ich habe oben bei dem Versuche mit den abgestumpften vierseitigen Pyramiden erwähnt, dass durch den Wettstreit der Sehfelder ein scheinbarer Wechsel in der Beleuchtung eintrat. Je stärker dieser wurde, um so weniger stetig zeigte sich das metallische Ansehen

und ich hätte mir, wo das Schwarz entschieden vorherrschte, auch wohl vorstellen können, die Fläche sei mit schwarzem Glanzpapier beklebt. Die Ausgleichung der Eindrücke beider Augen zum Grau war also wesentlich um die Vorstellung des metallischen zu unterhalten. Die Ursache hiervon finden wir sogleich, wenn wir uns fragen: Warum sind denn schwarze glänzende Körper nicht metallglänzend, da sie doch undurchsichtig sind und keine vom Glanze unabhängige Localfarbe haben? Die Antwort lautet: Es fehlt die Erfüllung der dritten Bedingung für den Metallglanz; sie sind nicht metallglänzend, weil sie eben schwarz sind, d. h. weil sie zu wenig Licht reflectiren. Würden sie soviel Licht reflectiren, dass wir sie metallglänzend nennen könnten, so würden sie bei glatter Oberfläche das auf sie fallende Licht so zurückgeben, wie es polirter Stahl thut, und eben deswegen nicht schwarz erscheinen; bei unebener Oberfläche würden sie auch nicht schwarz erscheinen, sondern je nach Umständen heller oder dunkeler grau, weil die Netzhautbildchen der einzelnen spiegelnden Stellen Lichtstärke genug haben würden, um durch sogenannte Irradiation die dunkeln Zwischenräume zu überdecken, wie dies beim Anschauen des Graphits geschieht. Darum ist aber auch eben beim stereoskopischen Sehen die Ausgleichung des Eindruckes beider Netzhäute zum Grau nothwendig, um die Vorstellung des Graphits hervorzurufen.

Wir haben nun den Metallglanz analysirt an einer Reihe von Beispielen, in denen er von nichtmetallischen Körpern ausging, ja zuletzt an einem solchen, in dem die objectiven Bedingungen des Glanzes gar nicht vorhanden waren. Kehren wir jetzt zu dem Punkte zurück, von dem wir ausgegangen sind, zu den metallglänzenden Harnsteinen, und fragen wir uns, ob sie irgend einem der aufgeführten Beispiele angereiht werden können. Nach dem, was oben über ihren Bau gesagt worden, ist es wohl hinreichend klar, dass sie neben die aufgeblätterte Glimmerplatte gestellt werden müssen. Wegen der kurz aufeinander folgenden Reflectionen warfen sie nicht nur sehr viel Licht zurück, sondern sie besassen auch in Folge derselben die Eigenschaft der Undurchsichtigkeit, indem das Licht

an jeder neuen Schicht zweimal reflectirt, nicht weit in die T
eindringen konnte. Die gelbe Farbe rührte vom Durchgange
Lichtes durch die gefärbte organische Grundlage her; sie war,
gleich sie ihrer Entstehung nach sich von einer gewöhnlichen
sorptionsfarbe nicht unterschied, doch die Farbe des Glanzes, d
das gefärbte Licht war gespiegeltes. Die Goldfarbe war hier
standen, wie sie künstlich an gewissen unächten Goldrahmen her
gebracht wird, die man mit Blattsilber überzieht, um zunächst
Metallglanz hervorzubringen und dann eine sehr dünne Schicht
starkgefärbtem Firniss darüberstreicht, um das Weiss des Silbe
das Gelb des Goldes zu verwandeln.

XII.

Beiträge zur Physiologie der Netzhaut.

Von

Hermann Aubert [1]).

Erster Beitrag.

Die Thätigkeiten unserer Netzhaut lassen sich unter 3 Hauptgesichtspunkte bringen, welche sich beziehen 1) auf die räumliche Wahrnehmung, 2) auf die Lichtempfindung, 3) auf die Farbenempfindung. Darnach können wir unsern Gesichtssinn spalten in 1) den Raumsinn, 2) den Lichtsinn, 3) den Farbensinn. Zwischen diesen 3 Sinnen bestehen vielfache Beziehungen, die nur zum Theil Gegenstand specieller eingehender Untersuchungen geworden sind. So besteht eine Abhängigkeit des Raumsinnes von dem Lichtsinne. Wenn es Aufgabe des Raumsinnes ist, die Erkenntniss von den Formen der Objecte zu vermitteln, so ist er von dem Lichtsinne in doppelter Beziehung abhängig, erstens insofern, als eine gewisse Differenz in den Lichteindrücken sein muss, welche aneinander grenzende Flächen auf die Retina ausüben, zweitens, indem ausser dieser Differenz auch eine gewisse absolute Menge von Licht in das Auge gelangen muss, wenn Formen wahrgenommen werden sollen. Ein grauer Ring, welcher

---

[1]) Aus den Abhandlungen der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur, Abtheilung für Naturwissenschaften und Medicin, 1861, Heft I, p. 39, vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

aus einem Theile Schwarz und 359 Theilen Weiss gebildet ist, kann von dem weissen Grunde der Scheibe nicht mehr unterschieden werden; wir können die Sterne bei Tage nicht sehen, weil die Differenz zwischen dem reflectirten Lichte der Atmosphäre und dem Lichte der Sterne zu gering ist. Ist andererseits die Differenz zwischen zwei Lichteindrücken gross genug, um bemerkt zu werden, so können zwar bedeutende Schwankungen in der Beleuchtung stattfinden, ohne dass das Verhältniss der Lichteindrücke geändert wird, indess giebt es doch einen Grad für die Stärke, sowie für die Abschwächung der Lichtintensität, bei welchem die Unterschiede unmerklich werden (Fechner, Psychophysisches Gesetz, p. 464). — Es muss ferner bei abnehmender Lichtintensität die Grösse des Objectes oder der Gesichtswinkel zunehmen, wenn die Form erkennbar bleiben soll: so können bei der Beleuchtung des Sternenhimmels Häuser und Bäume, aber nicht die Buchstaben gewöhnlicher Druckschrift erkannt werden; deswegen nähert man bei hereinbrechender Dämmerung den Augen instinctmässig ein Buch, um den Gesichtswinkel der Buchstaben dadurch zu vergrössern. Sehr klar sind diese Verhältnisse von Förster in seiner Schrift über Hemeralopie behandelt worden, und er hat mittelst seines Photometers den Satz, dass mit abnehmender Helligkeit der Gesichtswinkel zunehmen muss, durch viele specielle und numerische Angaben sowohl für gesunde als hemeralopische Augen belegt. Worauf indess dieses Verhältniss zwischen Lichtsinn und Raumsinn beruht, ist bisher räthselhaft geblieben.

Auch zwischen Raumsinn und Farbensinn besteht eine eigenthümliche Beziehung, theils indem die Unterscheidbarkeit eines Objectes von seiner Färbung abhängig ist, theils indem die Farbe eines Objectes nur erkannt werden kann, wenn dasselbe eine gewisse Ausdehnung hat. So sagt schon Plateau: „Bei gleicher Lichtstärke kann, um noch gesehen zu werden, ein weisses Bild kleiner sein, als ein gelbes, dieses kleiner als ein rothes, dieses kleiner als ein blaues.“ (Poggendorff's Annalen, Bd. 96, 1830, p. 327.) Wir werden weiter unten noch auf diesen Punkt zurückkommen. Dass die Wahrnehmung der Farbe von der Ausdehnung der farbigen Fläche abhängig ist, habe ich für das indirecte Sehen durch ausführliche Un-

tersuchungen bewiesen, und auch für das directe Sehen mit Beispielen belegt; genauere Angaben in Betreff des directen Sehens werden weiter unten (§. 14—17) gemacht werden, über das indirecte Sehen siehe Gräfe's Archiv III, 2, p. 38.

Sehr wesentlich ist aber hierbei die Intensität der Beleuchtung, so dass Raumsinn, Farbensinn und Lichtsinn in bestimmter Weise afficirt werden müssen, um den Eindruck einer Farbe zu vermitteln. Diese Verhältnisse sind, so viel mir bekannt, noch keiner Untersuchung unterworfen worden; es soll daher in Folgendem untersucht werden:

1) Bei welcher Menge von Tageslicht und *unter welchem Gesichtswinkel* können farbige Flächen als farbig erkannt werden?

Wir dürfen hierbei die wichtige Bemerkung des Pater Scherffer nicht vergessen, dass von den Pigmenten, die wir benutzen können, nicht nur die eine Art von Lichtstrahlen, nach denen wir sie benennen, zurückgeworfen wird, sondern ausserdem eine beträchtliche Menge weisses Licht, dessen Quantität mit der Intensität der Beleuchtung zu wechseln scheint. Befinden sich nun die Farben auf weissem Grunde, so wird ihre Unterscheidbarkeit von demselben von dem Contraste, den sie gegen ihn bilden, abhängen, oder von der Menge weissen Lichtes, welches ihnen beigemischt ist. Es wird demgemäss unsere Aufgabe sein, zu untersuchen, wie sich *Farbennüancen* unter obigen Verhältnissen erkennen lassen? Wir werden also unsere Farben mit Weiss vermischen müssen, und es wird dann die Frage zu stellen sein:

2) Bei welcher Menge von Tageslicht und *in welcher Verdünnung* lassen sich die Farben noch erkennen?

Hierbei kommen wir auf das wichtige Fechner-Weber'sche psychophysische Grundgesetz, dessen Geltung für die Farben bisher noch keiner Untersuchung unterworfen worden ist. In seiner allgemeinsten Form lautet dasselbe so: „Der Empfindungsunterschied bleibt sich gleich, wenn das Verhältniss der Reize sich gleich bleibt.“ (Fechner's Psychophysik I, p. 134.) Für unsere Untersuchung müssen wir auf die ursprüngliche Fassung, die ihm Fechner gegeben hat, zurückgehen (Ueber ein psychophysisches Grundgesetz etc. Abhandl.

der Kön. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Leipzig 1858, p. 458) und die Frage stellen:

„Behält der Licht- und Farbenunterschied bei seiner Abschwächung durch Lichtentziehung ein ungeändertes Verhältniss zu seinen in gleichem Verhältniss abgeschwächten Componenten?“

Zur Beantwortung dieser Fragen konnte ich mich leider des Förster'schen Photometers nicht bedienen, denn wo es sich um Farbenunterscheidung handelt, muss durchaus Tageslicht angewendet werden, weil in allem künstlichen Lichte eine Menge von Farben gar zu schwach vertreten sind und dadurch ein das Urtheil sehr verwirrendes Grau den meisten Pigmenten beigemischt wird. Es schien mir daher nothwendig, diese Untersuchungen in einem sonst ganz finstern Zimmer vorzunehmen, in welches messbare Mengen von Tageslicht eingelassen werden konnten.

I. Herstellung eines finsteren Zimmers mit einer willkürlich zu verändernden Lichtquelle. Accommodation.

§. 1. Die Herstellung eines Zimmers, in welchem man nach einem Aufenthalt von ungefähr einer Stunde keine Lichtquelle wahrnimmt, hat ihre grossen Schwierigkeiten. Die Fenster wurden mit einem Rahmen verdeckt, welcher mit dicker Pappe überzogen war; die Pappe war mit schwarzem Papier überklebt. Mittelst ein paar schwarzer Querleisten, durch welche Schrauben gehen, können die Rahmen an die Fensterfutter fest angedrückt werden. Damit kein Licht zwischen der Kante des Rahmens und dem Fensterfutter durchdringe, müssen die Kanten mit Fries (Tuchleisten) benagelt werden, welcher vermöge seiner Dichtigkeit und Elasticität hierzu sehr geeignet ist. Dasselbe muss an den Thüren des Zimmers gemacht werden. In den Thüren sind aber eine Menge Ritzen, welche Licht durchlassen; es dringt ferner Licht durch zwischen dem Holzfutter der Fenster und der Mauer. Dergleichen Oeffnungen sind schwer zu bemerken, und wenn man sie bemerkt hat, oft schwer zu verstopfen; es sind nicht einfache Löcher, sondern Röhren, die man nur wahrnehmen kann, wenn sich das Auge in der verlängerten Achse des Röhren-

cylinders befindet, in jeder andern Richtung sind sie nicht bemerkbar. Sieht man nun einen solchen Lichtpunkt in einer Entfernung von einigen Fuss, so ist es sehr schwer, so nahe zu ihm zu kommen, dass man ihn verkleben kann. Das Ueberkleben mit Papier genügt keineswegs, ich habe daher diese Löcher immer mit Fensterkitt verschmiert. Es ist mir nach diesen Erfahrungen überhaupt sehr unwahrscheinlich geworden, dass es gelingen könnte, ein gewöhnliches Zimmer absolut lichtleer zu machen. Man muss sich bescheiden, es so weit zu bringen, dass man keine Lichtquelle mehr bemerkt, wenn man einige Stunden im Zimmer gewesen ist. Die Empfindlichkeit für Lichteindrücke steigert sich dabei ganz ausserordentlich. Als ich im Anfange dieser Bemühungen einmal mehrere Stunden in dem finstern Raume zugebracht hatte, erschien mir die Pappe der Fensterrahmen wie ein Sternenhimmel; sie war übersäet mit feinen Lichtpunkten, Sternen von allen möglichen Grössen vergleichbar; aber von so geringer Leuchtkraft, dass ein weisses Blatt Papier in möglichst grösster Nähe der Rahmen nicht zu sehen war. Erst nachdem die Pappe mit Asphaltlack überstrichen worden war, schien diese Lichtquelle ausgeschlossen zu sein. So war ich wenigstens dahin gelangt, nach ein- bis zweistündigem Aufenthalt in dem finstern Zimmer keine Lichtquelle zu bemerken.

§. 2. Der photometrische Apparat ist dem Förster'schen analog construirt (Hemeralogie p. 4—7). In den Ausschnitt eines an dem Fensterrahmen angebrachten Brettes ist in der Höhe von 5 Fuss über dem Fussboden eine mattgeschliffene Tafel von weissem Glase eingelassen und verkittet, welche, vom Himmel beleuchtet, die Lichtquelle ist. (Die Fenster meines Zimmers sind nach Norden gelegen.) Eine solche Glastafel muss weiss, ohne Blasen, gleichmässig geschliffen und sehr gut gereinigt und gewaschen sein, da Feuchtigkeit, Fett u. s. w. ihre Durchsichtigkeit und Lichtzerstreuung bedeutend verändern. Diese Glasplatte wird unmittelbar bedeckt von einem Diaphragma, welches dazu dient, die Grösse der Lichtquelle beliebig zu verändern. Dies besteht aus zwei Tafeln von starkem Eisenblech, deren eine, A, in einem Falze der Tafel B (siehe Figur 1) in der Richtung der beiden Pfeile verschoben werden kann. Die Tafel B ist an das Brett fest

geschraubt und ihr Rand mit Fensterkitt verschmiert. A ist auf der Seite, welche B zugekehrt ist, mit schwarzem Tuche beklebt, welches soviel federt, dass A leicht verschoben werden kann, und wenn es eingestellt ist, sich nicht durch seine Schwere von selbst verschiebt, auch so fest und eng an B anliegt, dass kein Licht zwischen den beiden Tafeln durchdringen kann. Die einander zugekehrten freien Ränder der Tafeln sind so geschnitten, dass die Oeffnung des Diaphragma's C immer quadratisch ist. Sie kann von 0 bis auf 4 Quadratdecimeter verschoben werden. Auf dem Falz von B ist ein reducirter Maassstab angebracht, auf A der entsprechende Index a. Die Abtheilungen des Maassstabes entsprechen halben Centimetern der Seite der quadratischen Oeffunng des Diaphragma's, so dass bei einer Verschie-

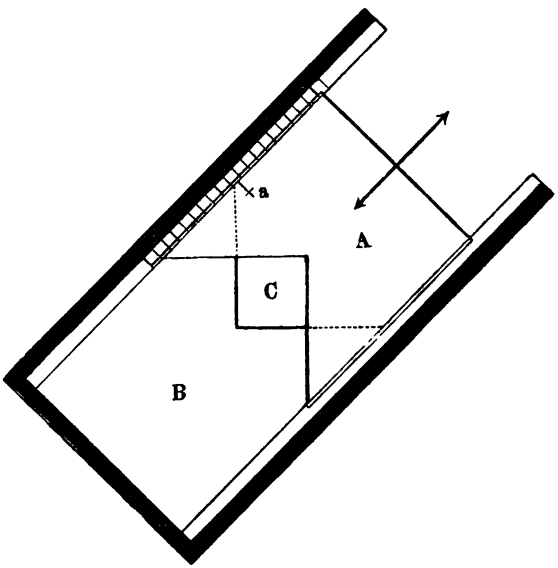


Fig. 1.

bung des Index um 7,07 Mm. die Oeffnung um 5 Mm. Seite vergrössert wird. Die berechneten Abschnitte des Maassstabes wurden durch directe Messung controlirt.

Nun können wir allerdings gleich grosse Oeffnungen unserer Lichtquelle an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tageszeiten

herstellen; indess dürfen wir nicht vergessen, dass die eigentliche Lichtquelle der Himmel ist, über den wir keine Gewalt haben. Wenn es sich daher handelt, vergleichbare Beobachtungsreihen zu gewinnen, so wird man Tage von möglichst gleicher Helligkeit und möglichst dieselben Tageszeiten wählen müssen; übrigens aber muss man, wie ich das seit vielen Jahren thue, die Helligkeit des Himmels im Protokoll bemerken.

§. 3. Weiter wird es sich darum handeln, den in fortwährenden Schwankungen begriffenen Lichtsinn der Netzhaut in einem einigermaassen gleichmässigen Zustande während der Beobachtungen zu erhalten. Förster hat sich dieser Schwierigkeit gegenüber so geholfen, „dass er die Untersuchten stets nur einige Secunden lang in den Apparat hineinblicken liess, und ihnen dann ein Urtheil abnöthigte, dafür aber die Versuche mehrfach wiederholte.“ So zweckmässig diese Methode für Förster's Patienten war, so wenig war sie für meine Versuche anwendbar; ich musste also anders verfahren.

Tritt man aus dem verbreiteten Tageslichte in das verfinsterte Zimmer, in welches aber durch eine Oeffnung von $^1/_4$ Quadratcentimeter am Diaphragma Licht einfällt, so kann man sehr gut beobachten, wie sich der Zustand der Netzhaut fortwährend ändert. Während im ersten Augenblicke ausser der hellen Oeffnung selbst nichts wahrgenommen wird, erscheinen schon nach einigen Secunden einige besonders weisse und grosse Objecte, dann kleinere und immer kleinere und lichtschwächere je nach der Accommodation des Auges für die Dunkelheit. Nach einer halben Stunde ist man indess doch so weit accommodirt, dass in der zweiten halben Stunde kaum noch neue Objecte zum Vorscheine kommen, und auch die scharf begrenzten Schatten kaum noch tiefer und contrastirender werden. Man kann daraus wohl schliessen, dass der Zustand der Netzhaut in der zweiten halben Stunde ein ziemlich stationärer ist, umsomehr, wenn man in der ersten halben Stunde jeden Lichteindruck ausgeschlossen hat. Für meine Experimente wird das um so eher als genügend anzusehen sein, weil bei denselben Veränderungen der Lichtquelle stattfinden mussten, die an sich wiederum unvermeidliche Veränderungen

im Accommodationszustande des Auges hervorbringen. Dass für meine Zwecke der Zustand der Netzhaut genügend stationär war, geht auch daraus hervor, dass dieselben Objecte, die ich am Anfange einer Beobachtungsreihe betrachtet hatte, am Ende derselben und nachdem die Anfangsbeleuchtung wieder hergestellt war, ein und dasselbe Aussehen sowohl in Bezug auf ihre Deutlichkeit und Form, als in Bezug auf ihre Farbe hatten. Es wird nach dem eben Bemerkten verständlich sein, dass man aus der Sichtbarkeit eines bestimmten Objectes bei einer bestimmten Beleuchtungsstärke oder bei Verschliessung der Diaphragma-Oeffnung aus dem Sichtbarwerden kleiner Lichtpunkte nach einer gewissen Zeit auf den Accommodationszustand der Netzhaut schliessen kann. Man hat also an solchen Objecten und Punkten ein Mittel, den Zustand der Netzhaut zu beurtheilen, und sich darnach bei den Beobachtungen zu richten. Man beginnt nämlich denselben nicht eher, als bis ein bestimmter Lichtpunkt sichtbar wird. Durch Beachtung eines solchen *Accommodationszeichens* habe ich gefunden, *dass die Zeit, innerhalb welcher ich mich accommodire, abhängig ist von der Zeit, die ich vorher im verbreiteten Tageslichte zugebracht habe.* Bin ich einige Stunden im gewöhnlichen Tageslichte gewesen, so bedarf ich 20 Minuten, ehe ich das Accommodationszeichen erkenne. Habe ich es erkannt und begebe mich auf 3 Minuten in ein helles Zimmer, wo ich wechselsweise helle und dunkle Objecte, Möbel, Papier, den Himmel u. s. w. ansehe, so bedarf ich nicht ganz 2 Minuten, um das Accommodationszeichen wieder zu erkennen; gehe ich nur auf einige Secunden in's Helle, so erkenne ich fast unmittelbar nach meinem Eintritt in's finstere Zimmer das Zeichen wieder. Bis jetzt habe ich noch keine genaueren Bestimmungen über dieses Verhältniss gemacht, die mancherlei Vorsichtsmaassregeln erfordern und für die Augen keineswegs unschädlich zu sein scheinen. Mir scheint aber diese Bemerkung wichtig für die Vorstellung, die wir uns von dem Zustande unserer Retina im Verlaufe des Tages sowie von dem Vorgange bei der hemeralopischen Erkrankung zu machen haben. Wenn wir nämlich nach kurzem Aufenthalte im Hellen uns in kurzer Zeit wieder für die Dunkelheit accommodiren, nach längerem Aufenthalte im Hellen aber längere Zeit bedürfen,

müssen wir wohl schliessen, dass der *Zustand der Netzhaut* nach Aufenthalt von 3 Minuten im Hellen ein anderer ist, als nach Aufenthalt von einigen Stunden. Gleichwohl erscheinen uns die Objecte unter beiden Bedingungen nicht von verschiedener Helligkeit, woraus man indess nicht folgern darf, dass die Empfindlichkeit unserer Retina gleich ist; denn da die Abnahme ganz allmälig erfolgen würde, wenn wir uns in verbreitetem Tageslichte aufhalten, so könnte uns dieselbe sehr wohl ganz entgehen, um so mehr, da, wie aus den Fechner'schen Beobachtungen (Psychophysisches Grundgesetz und Psychophysik I, p. 139 sq.) hervorgeht, der Wechsel der Beleuchtung sehr variiren kann, ohne dass die Wahrnehmung von Lichtdifferenzen der Objecte darunter leidet. Es scheint mir also aus obiger Bemerkung hervorzugehen, dass *im Laufe des Tages durch die Einwirkung des Lichtes die Empfindlichkeit unserer Retina fortwährend abnimmt,* so dass wir am Abende weniger empfindlich gegen Licht sind, als des Morgens. Ich kann dafür noch anführen, dass ich nie im Stande gewesen bin, in die *aufgehende* Sonne zu sehen, selbst wenn sie erst mit einem kleinen Segment hervorgetreten war, wenn ich auch während der ganzen Dämmerung wach gewesen war und in's Freie gesehen hatte — während es mir durchaus nicht lästig ist, die *untergehende* Sonne, auch wenn sie noch um mehrere ihrer Durchmesser vom Horizonte entfernt ist, mehrere Secunden anzusehen, oder sie zu betrachten von dem Anfange bis zum Ende ihres Unterganges. Wenn nun die Empfindlichkeit der Retina im Laufe des Tages stetig abnimmt, so muss jedes Auge am Abende hemeralopisch sein; es würde vielleicht nur einer Verlängerung der Tagesbeleuchtung um einige Stunden bedürfen, um eine unbequeme und störende Hemeralopie zu erzeugen. Die Hemeralopischen sind aber nach Förster's Untersuchungen Leute, die den ganzen Tag im Freien, auf dem Felde u. s. w., kurz in hellem Lichte und zwar ununterbrochen in hellem Lichte gewesen sind (Hemeralopie p. 39). Hemeralopische sind ferner nur für *schwaches* Licht unempfindlich und bedürfen nur eines längeren Aufenthaltes im Finstern, um wieder für schwaches Licht empfindlich zu werden. Hemeralopische würden also nur in etwas stärkerem Grade das erfahren haben, was jeder Mensch

im Laufe des Tages erleidet: dass die Retina unempfindlicher gew
den ist und eines etwas längeren Aufenthalts im Dunkeln bedarf, u
sich für dasselbe zu accommodiren.

II. Verschwinden fixirter und indirect gesehener O
jecte; Lichtsinn des Centrums und der Peripherie d
Netzhaut.

§. 4. Der erste Beobachter, welcher das Verschwinden indir
gesehener Objecte verfolgt hat, scheint Troxler gewesen zu s
der seine Versuche in einem auch jetzt noch sehr lesenswerthen A
satze in Himly und Schmidt's ophthalmologischer Bibliothek, Bd.
Stück 2, im Jahre 1802 bekannt gemacht hat: „Ueber das V
schwinden gegebener Gegenstände innerhalb unseres Gesichtskreis
Nachdem er das Verschwinden der Objecte, wenn sie auf die
trittsstelle des Sehnerven fallen, besprochen hat, stellt er die Fr
auf: „wie weit von dem fixirten Punkte man etwas *unterschei*
könne?“ Wenn man einen Buchstaben auf einer gedruckten S
fixire, so könne man von den übrigen Buchstaben nur wenig erken
und bald würde bei fortgesetzter Fixation die ganze Seite ein gle
mässiges Weiss. Nun bringt er Objecte von verschiedener Form
Farbe auf einem gleichmässigen Grunde an und findet, „dass die
ben alsbald sich verlieren, und zwar zuerst das vom fixirten Pu
am weitesten entfernte.“ Das geschehe sowohl bei der hellsten
leuchtung des Tageslichts, als bei Verfinsterung des Zimmers d
Vorhänge, als bei Kerzenlicht. Er bemerkt zu den Versuchen
farbigen Objecten, das Verschwinden geschähe nicht durch Verdeck
mittelst der Complementärfarbe, sondern durch Hereinbrechen
Grundes, und er sagt p. 51: „Noch blieb uns aber nach dem V
schwinden aller Objecte ausser dem fixirten die reine Grundfläche
rück, auf der sie sich befanden.“

Die Erscheinung wurde von Purkyne bestätigt, und er su
sie auf die wallenden Nebelstreifen zurückzuführen, ohne sich in
ganz bestimmt darüber zu erklären, ob er das Auftauchen der
jectiven Nebelstreifen für die Ursache des Verschwindens der Obj

hielt. (Beiträge zur Kenntniss des Sehens in subjectiver Hinsicht I, 76 und II, 14.)

Ausführlich verbreitet sich über das Phänomen Brewster, der schon vor Purkyne darauf aufmerksam geworden war, in seinen Briefen über die natürliche Magie an Walter Scott, Berlin 1835, p. 19, und Handbuch der Optik, 1835, II, p. 81, indem er das Wiedererscheinen des verschwundenen Objectes auf Bewegungen des Auges zurückführt (was eigentlich auch schon Troxler angegeben hat) und sagt, dass die Täuschung leichter für ein als für beide Augen stattfinde. Ein leuchtendes Object, ein Licht, verschwindet dagegen, indirect gesehen, nicht, sondern breitet sich zu einer wolkigen Masse aus. (Beide Stellen müssen übrigens verderbt sein; sie enthalten Widersprüche.)

Ferner hat Förster das Verschwinden der Objecte im verdunkelten Zimmer bei Gelegenheit unserer gemeinschaftlichen Versuche über das indirecte Sehen beobachtet. Er sagt darüber (Hemeralopie p. 13): „Bei einer sehr schwachen Beleuchtung und kleinen Objecten tritt nämlich die Erscheinung ein, dass letztere, wenn man sie einige Momente lang ruhig betrachtet hat, plötzlich, anstatt noch deutlicher zu werden, verschwinden, um bald wieder aufzutauchen.“ Letzteres erklärt er aus kleinen Bewegungen der Augen, „indem dieselben Bilder neue, bisher auf andere Weise erregte Retinatheile treffen.“ Förster's Beobachtung bezieht sich also nicht auf die peripherischen Theile der Netzhaut allein, sondern auf *die ganze Netzhaut,* was noch deutlicher p. 14 gesagt wird: „Es dauerte nicht lange, bis *sowohl die fixirte Ziffer als alle andern* in dem Grau des Papierbogens, das immer dunkler wurde, vollständig verschwand.“ Seine Beobachtung ist also eigentlich ganz neu.

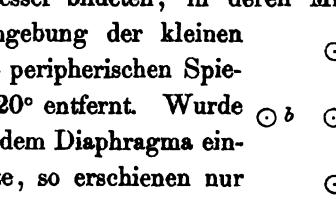
§. 5. Als ich vor einiger Zeit meine Untersuchungen im finstern Zimmer wieder aufnahm, fiel mir das Verschwinden fixirter Objecte von Neuem auf. Ich habe Folgendes gefunden:

1) Im verbreiteten Tageslichte oder bei hellem Lampenlicht verschwindet, wie Troxler, Purkyne und Brewster angeben, der fixirte Punkt nicht, dagegen verschwinden grosse und kleine Buchstaben u. s. w. von der Peripherie her, und bei sehr ruhiger Haltung

kann es geschehen, dass alles bis auf den fixirten Punkt sich von der Peripherie her in einen Nebel hüllt, in welchem sich die Objecte fast ganz auflösen. Die Farbe oder das Weiss oder Schwarz des Grundes, von einem weissen Nebel bedeckt, erfüllen das Gesichtsfeld. Diese Versuche erinnerten mich, ähnliches schon beim Photographiren beobachtet zu haben; indem ich der Aufforderung des Photographen, einen Punkt zu fixiren, gewissenhaft folgte, sah ich nach wenigen Secunden nur noch einen weissen Nebel. Auffallend ist mir bei den Versuchen ein eigenthümliches Wogen gewesen, als ob das Papier sich ausdehnte, von subjectiven Nebelstreifen habe ich aber nichts bemerken können. Peripherische Nachbilder treten mit grosser Lebhaftigkeit und Schärfe auf.

2) Eine Lampe mit oder ohne Milchglasglocke verschwindet, wie ich gegen Brewster behaupten muss, vollständig, wenn sie 15—20° vom Centrum entfernt ist, während dieses bleibt. Sie hinterlässt kein Nachbild. Ich muss mich dabei in Acht nehmen, nicht für die Ferne zu accommodiren, denn alsdann verschwindet auch der fixirte Punkt.

3) Im finstern Zimmer wurden 5 kleine Convexspiegel in Form eines stehenden Kreuzes aufgestellt, so dass sie Punkte der Oberfläche einer Kugel von 1 Meter Halbmesser bildeten, in deren Mittelpunkt das Auge sich befand; die Umgebung der kleinen Spiegel war ganz schwarz; die 4 peripherischen Spiegel waren von dem mittelsten je 20° entfernt. Wurde nun eine ganz kleine Oeffnung an dem Diaphragma eingestellt von 2—3 Millimeter Seite, so erschienen nur 5 Sterne im Finstern, welche durch Vergrösserung und Verkleinerung der Diaphragma-Oeffnung lichtstärker und lichtschwächer gemacht werden konnten. Ueber die Spiegel konnten Stücke von schwarzer Pappe gehängt werden, auf welche Quadrate von weissem Papier von 20 Mm. Seite aufgeklebt waren. Bei dieser sehr einfachen Vorrichtung konnte die Beleuchtung sämmtlicher Spiegelbilder oder Quadrate durch Vergrösserung der Lichtquelle erhöht werden. Es konnte aber auch die Lichtintensität, welche für die Spiegelbilder viel grösser war, als für die Papierquadrate, für die peripherischen im Vergleich mit den centralen Objecten verändert werden. Es liess sich



Figur 2.

endlich der Einfluss des Aufenthalts im Hellen oder Dunkeln auf die Peripherie und das Centrum der Netzhaut ermitteln.

Ich verfuhr nun so, dass ich einen der Punkte fixirte, nach dem Ticken einer Uhr zählte und mir die Zahlen merkte, bei welchen das erste, oder das centrale u. s. w. der fünf Spiegelbilder oder Quadrate verschwand. Ich werde im Folgenden die Spiegelbilder geradezu *Sterne* nennen.

a) Bei kleinster Oeffnung des Diaphragma's, etwa 1 Quadratmillimeter, verschwinden die peripherischen Sterne binnen etwa 7 Secunden, *der fixirte dagegen verschwindet nicht.* Die indirect gesehenen Sterne erscheinen nur im ersten Augenblicke klein und scharf, breiten sich sofort aus und bilden einen hellen Nebel, welcher immer matter wird und endlich ganz vergeht.

Bei etwas grösserer Oeffnung geht das Verschwinden der indirect gesehenen Sterne ebenso vor sich, dauert aber etwa 14—20 Secunden. Wird durch ein rothes Glas vor den Augen die Intensität stark vermindert, so verschwinden die peripherischen Sterne, welche übrigens weiss erscheinen, schon in 3—4 Secunden; der fixirte erscheint nur im ersten Momente roth, verschwindet übrigens nicht.

Wird die Diaphragma-Oeffnung so vergrössert, dass die Sterne stark glänzend und blendend erscheinen, so geht gleichwohl das Verschwinden der peripherischen Sterne in derselben Weise vor sich, und dauert auch nicht länger als etwa 20 Secunden. Dabei erscheint der mittelste Stern ganz scharf, so dass eine Accommodationsveränderung durchaus nicht als die Ursache davon angesehen werden kann, dass sich die peripherischen Sterne in helle Nebel auflösen. Dass auch diese Nebel verschwinden, spricht gegen Brewster's oben erwähnte Angabe, denn die Sterne haben ein so intensives Licht und contrastiren so stark gegen die Umgebung, dass sie sich wie das Licht einer Kerze verhalten. Brewster's Angabe dürfte sich indess daraus erklären, dass er nicht *lange* genug fixirt hat. In der That ist ein 20—30 Secunden langes Fixiren, wenn man glänzende Objecte indirect sieht, sehr schwer, und, trotz meiner nicht unbedeutenden Uebung in dergleichen Versuchen, habe ich viele vergebliche Experimente gemacht. Eine kleine Augenlidbewegung, eine kleine Kopf

bewegung u. s. w. sind vollkommen ausreichend, die verschwundenen Objecte wieder erscheinen zu lassen.

Bei den Sternen dieser Art macht es keinen Unterschied, ob man sie beobachtet unmittelbar nachdem man in's Finstere gekommen ist, oder ob man sich eine halbe oder ganze Stunde darin aufgehalten hat, ob man mit dem Centrum die Diaphragma-Oeffnung vorher angesehen hat oder nicht. Allerdings bemerkt man unter jener Bedingung im Centrum, oder um das Centrum ein helles Nachbild, indess ist dasselbe bei mir nie im Stande gewesen, den Glanz des fixirten Sternes auszulöschen. Ruete sagt in seiner *Explicatio facti, quod minimae paullum lucentes stellae tantum peripheria retinae cerni possint, Programma,* Leipzig 1859: Wenn man, nachdem man sich im Hellen aufgehalten habe, in das Photometer sehe, so könne man bei den geringsten Beleuchtungsgraden *grosse schwarze Objecte* in demselben nicht direct, sondern nur indirect sehen; habe man sich dagegen längere Zeit im Finstern aufgehalten, so könne man sie auch direct sehen.

Ruete hat, wie wir sogleich sehen werden, ganz Recht, wenn es sich, wie bei ihm, um dunkle oder sehr lichtschwache grössere Flächen handelt, sein Ausspruch darf indess nicht auf kleine glänzende Objecte, wie es die Sterne sind, ausgedehnt werden.

Ferner muss ich bemerken, dass, wenn die peripherischen Sterne meines Apparates nicht gleich lichtstark sind, was man durch Anfassen der Spiegel mit fettigen oder schweissigen Fingern leicht bewerkstelligen kann, der lichtschwächere Stern um eine kleine Zeit früher verschwindet, als der lichtstärkere; die Differenz kann sogar einige Secunden betragen, und man darf sich also dadurch nicht verführen lassen, etwa eine Verschiedenheit in den verschiedenen Meridianen der Netzhaut anzunehmen. Vielmehr geht aus meinen Beobachtungen hervor, dass sich *in ein und derselben Zone der Retina* das Verschwinden heller, sternartiger Objecte *gleichmässig* verhält.

Dagegen *verschwinden die* Sterne *früher,* welche *auf weiter vom Centrum entfernte Theile der Netzhaut* fallen, denn wenn ich *a* fixirte, so verschwand *e* früher als *c,* desgleichen *b* früher als *c,* wenn ich *d* fixirte (s. Fig. 2). Genauere Bestimmungen, die wohl wünschenswerth wären, habe ich bis jetzt noch nicht gemacht.

b) Wurden statt der Spiegel die weissen Quadrate von 20 Mm. Seite auf schwarzer Pappe aufgestellt und dieselben schwach beleuchtet, so zeigte sich zunächst in Uebereinstimmung mit Ruete's Angaben ein wesentlicher Unterschied zwischen der ermüdeten und der ausgeruhten Retina.

Fixirte ich, unmittelbar nachdem ich aus dem hellen in das finstere Zimmer gekommen war, das mittelste Quadrat bei einer Beleuchtung, die dasselbe eben erkennen liess (etwa $^1/_{16}$ Quadratcentimeter Oeffnung), so verschwand dasselbe nach wenigen Secunden (2″—5″), die peripherischen Quadrate dagegen verschwanden viel später, nach 20—30 Secunden, oder sie verschwanden überhaupt nicht. Bei etwas stärkerer Beleuchtung verschwand das Centrum in 7—11 Secunden, die peripherischen Quadrate erst nach 25—30 Secunden, und in den meisten Fällen gar nicht. Es tritt hier dem Experiment eine Schwierigkeit entgegen, indem das Auge nicht sicher mehr festgehalten werden kann, wenn kein Fixationspunkt vorhanden ist; das geringste Schwanken bringt natürlich sofort die Objecte wieder zur Erscheinung. Daher sind die meisten Versuche so ausgefallen, dass das Centrum verschwand, während die peripherischen Quadrate sichtbar blieben, nach wenigen Secunden aber wieder alle 5 Quadrate zum Vorschein kamen.

War ich dagegen über eine halbe Stunde im Finstern gewesen, so verschwanden Centrum und Peripherie bei einer der Accommodation entsprechend schwachen Beleuchtung ganz gleichzeitig, oder es waren kaum anzugebende Zeitdifferenzen zwischen ihrem Verschwinden; dasselbe erfolgte bei schwächster Beleuchtung nach wenigen Secunden, bei stärkerer Beleuchtung nach etwa 20 Secunden. Nach noch längerem Aufenthalt trat weiter keine Veränderung in dem Phänomene ein.

Dieser Unterschied in dem Verhalten der künstlichen Sterne und der Quadeate ist sehr auffallend. Allerdings ist aber der Contrast der Sterne gegen die Umgebung auch bei der geringsten Diaphragma-Oeffnung viel bedeutender, ihre relative Helligkeit somit immer viel bedeutender, als der Contrast der Papierquadrate. Daher rührt es wohl auch, dass die *Art* des Verschwindens der Quadrate ganz an-

ders ist, als die der Sterne. Während die Sterne, wie erwähnt, sich in einen Nebel auflösen, welcher verschwindet, werden die Quadrate förmlich weggewischt, nachdem sie das Minimum von Sichtbarkeit erreicht haben; die Zeit lässt sich daher bei den Quadraten besser bestimmen, als bei den Sternen. Ob indess der erwähnte Unterschied nur auf die Verschiedenheit der Lichtintensität zu schieben ist, scheint mir fraglich; die Ausdehnung der leuchtenden Fläche wird jedenfalls nicht ausser Acht zu lassen sein.

c) Befand sich in der Mitte *c* ein weisses Quadrat, an den peripherischen Punkten dagegen die Spiegel, so musste, wenn alle 5 Objecte sichtbar sein sollten, ein bedeutendes Missverhältniss der Lichtintensitäten des Centrums zu dem der Peripherie sattfinden, denn wenn die Sterne schon bei 1 Mm. Oeffnung des Diaphragma ganz hell sind, so ist alsdann von dem weissen Papierquadrat absolut nichts zu sehen (wenigstens im Anfange, wo man in das Finstere getreten ist), es bedarf dazu mindestens einer Oeffnung von 5 Mm. Bei einer solchen Oeffnung haben aber die Sterne eine sehr grosse Lichtintensität. — Unmittelbar nach dem Eintritt in das finstere Zimmer verschwand das fixirte mittelste Quadrat in etwa 5—8 Secunden, während die Sterne gegen 25 Secunden sichtbar blieben. Um nun gleich die peripherischen mit den centralen Retinatheilen zu vergleichen, wurden nacheinander die vier Sterne fixirt und gezählt, bis wann das indirect gesehene Quadrat verschwände; es hat sich hier in mehreren Versuchen immer nur um wenige Secunden Differenz gehandelt, so dass sich kein grosser Unterschied zwischen dem Centrum und der Peripherie herausgestellt hat, indess ist die Differenz doch immer zu Gunsten der Peripherie ausgefallen. — Nach einer Viertelstunde Aufenthalt im Finstern und entsprechend verminderter Diaphragma-Oeffnung verschwand das mittlere Quadrat, wenn es fixirt wurde, fast gleichzeitig mit den Sternen; dasselbe geschah, wenn ein Stern fixirt wurde; der fixirte Stern blieb immer sichtbar, aber das indirect gesehene Quadrat und die indirect gesehenen, daneben stehenden beiden Sterne verschwanden gleichzeitig. — Nach noch längerem Aufenthalte im Finstern kehrte sich das Verhältniss um: das fixirte Quadrat in der Mitte blieb sichtbar, die peripherischen Sterne verschwanden nach etwa 20 Secunden.

Wir haben bei dieser Art der Anstellung des Versuches den Uebelstand, dass die Lichtintensitäten der Objecte sehr verschieden sind, dafür aber den Vortheil, unmittelbar hintereinander das Verhalten des Centrums zur Peripherie durch Veränderung des Fixationspunktes prüfen, und verschwindende oder nicht verschwindende Punkte fixiren zu können.

d) Dasselbe ist der Fall, wenn sich in der Mitte ein sternartiges Spiegelbild, an der Peripherie 4 Quadrate von weissem Papier befinden. Wurde unmittelbar nach dem Eintritt in das Finstere der helle Stern im Centrum fixirt, so verschwanden die Quadrate in etwa 8—10 Secunden; wurde aber eines der Quadrate fixirt, so verschwand es meist schon nach 2—3 Secunden, so dass sich hier ein nicht zu vernachlässigender Unterschied zwischen Centrum und Peripherie der Netzhaut zeigte. Nach längerem Aufenthalte im Finstern verschwanden die Quadrate, wenn *c* fixirt wurde, nach etwa 10 Secunden; wurde aber eines der Quadrate fixirt, so verschwand dieses nebst dem indirect gesehenen Stern und den indirect gesehenen Quadraten fast gleichzeitig, oder es blieb der Nebel des Sternes und das fixirte Quadrat etwas länger, als die indirect gesehenen Quadrate.

Fassen wir die Resultate dieser Beobachtungen zusammen, so ergeben sich folgende Sätze:

Der fixirte Punkt verschwindet nicht, wenn derselbe gegen seine Umgebung stark contrastirt.

Der fixirte Punkt verschwindet um so früher, je weniger er gegen seine Umgebung contrastirt und je lichtschwächer er ist.

Von gleichmässigen, sehr lichtschwachen Objecten verschwinden die direct gesehenen früher, als die indirect gesehenen, wenn die Retina ermüdet ist; dagegen gleichzeitig, wenn die Retina ausgeruht ist. Daraus muss man schliessen, dass das Centrum der Retina im diffusen Tageslichte früher ermüdet, als ihre Peripherie.

Von gleichmässigen und lichtstärkeren Objecten verschwinden nur die indirect gesehenen sowohl bei ermüdeter, als bei ausgeruhter Retina.

Lichtschwächere und lichtstärkere Objecte verschwinden auf der Peripherie der Netzhaut ziemlich gleichzeitig, doch verharren die lichtstärkeren etwas länger und verschwinden in anderer Weise.

Bei ausgeruhter Retina verschwinden die indirect gesehenen Objecte schneller, wenn der fixirte Punkt stärker als dieselben gegen die Umgebung contrastirt.

Ich bemerke noch, dass es mir oft so vorgekommen ist, als ob bei langem Fixiren eines Sternes ein verschwundener peripherischer Stern wieder auftauchte, während die drei übrigen nicht erschienen, ein Vorgang, der nach den Beobachtungen von Plateau und mir an den peripherischen Nachbildern (Moleschott, Untersuchungen, Bd. IV, p. 228 sq.) nicht unwahrscheinlich ist; indess sind meine Beobachtungen darüber zu wenig zahlreich und sicher.

§. 6. Die Bedingungen für das Verschwinden von Objecten aus dem Gesichtsfelde sind demnach keineswegs so einfach. Es wird nun eine weitere Frage sein, wie sich mit diesen Befunden die Angaben der Astronomen über die Sichtbarkeit sehr lichtschwacher Sterne mittelst der peripherischen Theile der Netzhaut vertragen. So häufig das Phänomen erwähnt worden ist, so sind doch bisher nur von d'Arrest einige bestimmte Zahlenangaben gemacht worden, wonach bei ihm der Winkelabstand vom Centrum, in welchem ein lichtschwacher Stern am deutlichsten erschien, einmal 11°, ein anderesmal 13° 2′ betrug (Fechner, Ueber einige Verhältnisse des binocularen Sehens. Leipziger Abhandlungen Bd. VII, p. 373). Dagegen vermisst man in jenen Angaben, ob das Auge vorher im Hellen oder im Dunkeln gewesen war, ob noch andere, vielleicht hellere Sterne im Gesichtsfelde waren, endlich wie lange die indirect gesehenen Sterne sichtbar blieben, ob sie mit dem Centrum überhaupt nicht gesehen werden konnten, oder ob sie demselben nur früher verschwanden. Welchen bedeutenden Einfluss es dabei hat, ob man sich im Hellen oder Dunkeln aufgehalten hat, geht aus meinen Beobachtungen hervor. Wie sehr sich aber dieses Moment bei astronomischen Beobachtungen geltend macht, erhellt sehr deutlich aus einer Stelle in Arago's Astronomie Bd. I, 1855 (Hankel), Cap. 22: p. 120:

„Zwanzig Minuten," sagt W. Herschel, „waren, sobald ich aus einem hellen Zimmer kam, nicht zuviel, wenn ich mit ausgeruhtem Auge sehr feine Gegenstände im Fernrohre erkennen wollte." Nach dem Durchgange eines Sternes zweiter Grösse durch das Feld

des Instrumentes brauchte jener berühmte Beobachter einen eben so grossen Zeitraum von 20 Minuten, bevor sich sein Auge wieder beruhigte.

und p. 121:

„Der jüngere Herschel erzählt, dass er erst anfing, die Monde des Uranus in seinen grossen Fernröhren zu sehen, wenn er das Auge *eine gute Viertelstunde* am Ocular gehabt und sich unterdessen immer sorgfältig vor der Einwirkung jedes äusseren Lichtes gehütet hatte."

Offenbar wird sich die Abstumpfung der Netzhaut allein oder vorzugsweise auf diejenigen Stellen beziehen, welche dem Lichte (also in diesem Falle dem beobachteten Sterne) gegenüber gewesen sind, d. h. also die centralen; dagegen müssen die peripherischen, welche sich entweder den dunkelen Theilen der Oeffnung des Teleskops oder gar den schwarzen Wänden der Röhre desselben gegenüber befunden haben, relativ ausgeruht, also empfindlicher für Lichteindrücke sein. Wenn in meinen Beobachtungen angegeben ist, dass ich aus dem hellen Zimmer in's finstere gegangen sei, so ist dazu zu bemerken, dass ich im hellen Zimmer immer gelesen oder geschrieben hatte, wobei die centralen Theile offenbar mehr einem hellen Lichte ausgesetzt gewesen sind, als die peripherischen. Aus beiderlei Beobachtungen geht also nicht eine specifisch grössere Empfindlichkeit der peripherischen Theile der Netzhaut hervor. Dasselbe gilt von Förster's Angaben über die Untersuchungen mit seinem Photometer. Wenn sich nun aber in meinen Untersuchungen herausgestellt hat, dass für das ausgeruhte Auge die direct gesehenen Objecte in eben der Zeit verschwanden, als die indirect gesehenen, wenn es sich um sehr lichtschwache Gegenstände handelte, bei helleren, stärker contrastirenden Punkten aber das Centrum constant länger sichtbar war, als die Peripherie, oder jenes gar nicht verschwand: so glaube ich eher *einen Unterschied in der Lichtempfindlichkeit zu Gunsten der centralen Theile der Retina annehmen zu müssen.*

§. 7. Dafür sprechen nun auch Beobachtungen, die ich auf Veranlassung des Herrn Professor Fechner angestellt habe. Gedanke und Anordnung der Versuche gehören diesem hochverdienten Forscher,

ich selbst habe nur die Augen dazu hergegeben. Gleichwohl hat sich derselbe mit einer kurzen Notiz darüber begnügt (Ueber einige Verhältnisse des binocularen Sehens. Leipziger Abhandlungen 1860, p. 373) und mir die Veröffentlichung derselben überlassen.

Es handelt sich darum, zu bestimmen, ob ein Gegenstand, wenn er direct gesehen wird, heller erscheint, als wenn er indirect gesehen wird, und ob er in dem einen Meridian der Netzhaut heller erscheint, als in einem anderen. Zu diesem Behufe wurde nun ein Quadratzoll weisses Papier, welcher auf schwarze Pappe aufgeklebt war, dem Fenster gegenüber aufgestellt, und in je 25° Entfernung davon kleine Objecte zum Fixiren angebracht. Das Auge befand sich im Mittelpunkte des durch die fünf Punkte bezeichneten Kugelsegmentes; der Halbmesser der Kugel, mithin die Entfernung des Auges von dem Object, betrug 1 Mètre. Nun wurde das Auge etwa zwei Secunden auf das Object, dann eben so lange auf den oberen Fixationspunkt gerichtet und angegeben, bei welcher Richtung der Augenachse das Object heller erschienen sei; dasselbe wurde für den unteren, den linken und den rechten Fixationspunkt bestimmt. Ebenso wurde die Helligkeit des Papierquadrats bei der Fixation des oberen Punktes mit der bei der Fixation des unteren Punktes u. s. w. verglichen. Diese Versuche wurden mit dem rechten Auge bei Verdeckung des linken, mit dem linken bei Verdeckung des rechten und endlich mit beiden Augen gemacht.

Ich führe eine der Tabellen an, die sich hieraus ergeben haben. In derselben sind in der ersten Colonne die Fixationspunkte angegeben; wenn es heisst O mit R, so heisst das: zuerst wurde das Auge auf den oberen, dann auf den rechten Fixationspunkt gerichtet und die Helligkeit der beiden Eindrücke mit einander verglichen. In den daneben stehenden Colonnen ist dann angegeben, bei welcher Fixation das Object heller erschien, und diese ist mit + angeführt, in zweifelhaften Fällen ist o geschrieben worden, und noch dazu bemerkt, welche Gegend zu prävaliren schien. Leider war mir damals die Methode der richtigen und falschen Fälle, welche Fechner seitdem mit so vielem Erfolge angewendet hat, noch nicht bekannt.

Tabelle I.

Fixationspunkte.	Rechtes Auge.	Linkes Auge.	Beide Augen.
O mit R	R +	R +	R +
„ „ L	L +	L +	L +
„ „ U	o	U +	o
„ „ C	C +	C +	C +
R mit O	R +	R +	R +
„ „ U	R +	R + (wenig)	R + (wenig)
„ „ L	o	o oder R +	o
„ „ C	C +	o oder C +	C +
U mit R	R +	R +	R + (wenig)
„ „ L	L +	L +	L + (wenig)
„ „ O	o oder U +	o	o
„ „ C	C +	C +	C +
L mit R	o	o oder R +	R +
„ „ O	L +	L +	o
„ „ U	L +	o	L +
„ „ C	o	C +	C +
C mit R	o	o	o oder C +
„ „ L	C +	C +	C +
„ „ O	C +	C +	C +
„ „ U	C +	C +	C +

In den 60 Beobachtungen dieser Tabelle ist also das Bild im Centrum immer am hellsten erschienen, nur 3—5mal ist es zweifelhaft geblieben, und zwar 2- bis 4mal im Vergleich mit dem des rechten Theiles der Netzhaut, 1mal im Vergleich mit dem der linken Netzhautseite. Demnächst ist es auf der rechten Seite der Netzhaut heller erschienen, als auf den übrigen Netzhautpartieen 15mal, während 4mal die Entscheidung zweifelhaft geblieben ist; dann auf der linken Seite 10mal, auf der untern Seite nur 2mal, dagegen ist es 6mal zweifelhaft gelassen; auf der oberen Seite ist es niemals heller erschienen und nur 3mal zweifelhaft geblieben.

Daraus geht hervor, dass die Lichtempfindung im Centrum der Netzhaut am lebhaftesten ist, dann auf der rechten, dann auf der

linken, dann auf der unteren, und am wenigsten lebhaft auf der oberen Seite derselben. Indess darf ich nicht unterlassen, auf mi Umstände aufmerksam zu machen, die für die Beurtheilung der Hel keitsgrade sehr störend sind: erstens ist man immer geneigt, ein Ob ject, welches scharf begrenzt erscheint, für heller zu halten, als ei verwaschenes; dadurch ist das Centrum im Vortheil; zweitens be kommen die indirect gesehenen Objecte meist eine bläulich-gr Nüance. — Andererseits stimmen die übrigen gleichfalls mit all Cautelen angestellten Versuchsreihen mit der in der Tabelle dar stellten sehr gut überein.

Statt des Papierquadrats wurde nun ein Ausschnitt von ein Quadratzoll in einen Bogen schwarzer Pappe gemacht, und dahi eine Lampe mit einer Milchglasglocke gestellt, um ein intensiv Licht zu gewinnen, als das des Papierquadrates gewesen war. Beobachtungen wurden des Abends gemacht. Die Resultate weic von den in der Tabelle mitgetheilten nicht sehr ab, denn es er sich, dass das Centrum immer für heller angesehen worden war, zwar 24mal, die rechte Seite 11mal (1mal zweifelhaft), die ob Seite 8mal (4mal zweifelhaft), die linke Seite 3mal (1mal zweifelh die untere Seite ist immer dunkler erschienen, nur 3mal ist es z felhaft geblieben. — Auch bei diesen Beobachtungen war die Färb auf den centralen Theilen anders, als auf den peripherischen, n lich im Centrum erschien die Glocke gelbröthlich, auf der Periph viel mehr weiss, etwa blassgelb. Ausserdem erschienen beim i recten Sehen Strahlenbüschel um die Flamme herum.

Endlich wurde hinter dem Ausschnitte des Schirmes die f Flamme der Lampe angebracht; dieselbe blendete indess so stark es traten so starke Nachbilder auf, dass ich nur eine Versuchsr mit dem rechten Auge angestellt habe, wobei gleichfalls das Bild Centrums von 8 Beobachtungen 7mal als heller angesprochen wu

§. 8. Alle diese Versuche sprechen gewiss nicht dafür, dass peripherischen Theile der Netzhaut einen feineren Lichtsinn besit als die centralen Theile, wenigstens nicht, wenn das Auge im Ru zustande gewesen ist. Sehr wunderbar ist mir aber bei allen den e wähnten Versuchen die *grosse Lebhaftigkeit gewesen, mit der die*

jecte sich dem Auge zeigen, wenn eine Bewegung mit den Augen ausgeführt worden ist. Wenn man ein Object nur eine oder zwei Secunden fixirt hat und dann fortblickt, so erscheint es sogleich mit der grössten Lebhaftigkeit, so dass mir nichtphysiologische Freunde oft bemerkt haben, es sei ja doch ganz offenbar, dass man beim indirecten Sehen schwächere Lichtunterschiede wahrnehme. Meinen Erfahrungen nach verhalten sich indess hierbei Centrum und Peripherie, wenn nicht das Centrum durch stärkere Lichteindrücke mehr abgestumpft ist, ganz gleich. Bei der Frage nach dem Einflusse der Bewegung auf das Erkennen von Objecten hat man offenbar zweierlei zu unterscheiden, nämlich erstens die Bewegung des Objects und zweitens die Bewegung des Augapfels. Bei beiderlei Bewegungen ist das gemeinsam, dass neue Stellen der Netzhaut getroffen werden; über den Einfluss der Bewegungen von Objecten hat Fechner in seiner Psychophysik I, 171 einige Versuche angeführt und Betrachtungen angestellt, die sehr zu beachten sind. — Bei den Bewegungen des Augapfels, um die es sich hier nur handelt, ist noch ein besonderer Umstand zu berücksichtigen. Während dabei, wie erwähnt, die Objecte sehr lebhaft hervortreten, verschwinden zugleich die Nachbilder in der ganzen Ausdehnung der Retina und treten erst wieder nach einigem Stillstehen des Bulbus mit Lebhaftigkeit hervor (s. meine Untersuchungen darüber in Moleschott's Untersuchungen Bd. IV, p. 235). Bei Bewegungen des Kopfes bleiben die Nachbilder dagegen in voller Lebhaftigkeit stehen, wovon ich mich oft bei den Donders'schen Versuchen überzeugt habe. Bei dem Verschwinden der Nachbilder möchte man wohl zunächst an Spannung oder Bewegung des Sehnerven oder an veränderten Blutfluss in der Retina denken. Mag indess die Ursache sein, welche sie will, so wird die Fortschaffung der Nachbilder ein Vorgang sein, der die Retina von subjectiver Thätigkeit befreit, und dadurch für objective Eindrücke empfindlicher macht. Denn dass subjectives Licht dem objectiven entgegenwirkt, geht ja aus vielen Beobachtungen hervor. Ja es scheint mir eine wichtige Aufgabe der äusseren und inneren Psychophysik zu sein, zu bestimmen, wie weit subjective Thätigkeiten der Sinne und der Seele den äusseren Eindrücken entgegenwirken können. Diese Betrachtung

könnte wohl zu der Annahme führen, dass auch das Verschwinden der Objecte bei ruhigem Fixiren auf einer Erzeugung subjectiver Thätigkeit der Retina beruhte. Purkyne hat schon der wallenden Nebelstreifen bei dieser Erscheinung gedacht; bekannt ist das Dunkler und Matterwerden der Farben bei Fixirung derselben, indem sich dadurch ein Nachbild erzeugt, das Dunkelwerden der fixirten Sonnenscheibe u. s. w. Auch bin ich bei meinen eben erwähnten Versuchen oft durch subjective Erscheinungen verschiedener Art gestört worden, wenn ich etwas lange einen Punkt fixirte. Die schwarze Wolke der Hemeralopischen (Förster) dürfte gleichfalls hierher zu rechnen sein. Wir werden darauf in §. 31 noch einmal zurückkommen müssen. Endlich ist die Verdunkelung des Gesichtsfeldes mittelst gelinden Druckes auf das Auge (Donders) bei mir immer mit lebhaften subjectiven Erscheinungen verbunden.

III. Beziehungen des Licht- und Raumsinnes zu dem Farbensinne.

§. 9. Die Erkennbarkeit einer Farbe scheint davon abhängig zu sein, dass eine bestimmte Menge homogenen Lichtes in das Auge gelangt. Der Farbeneindruck kann daher zerstört werden, 1) wenn zwei oder drei verschiedene Arten von Licht in das Auge gelangen. So kann der Eindruck von Blau durch gleichzeitiges Hinzutreten von Gelb zerstört werden; es wird dadurch keineswegs „Weiss“ gebildet, wie man sich gewöhnlich ausdrückt. Der erste Entdecker dieses Factums, Lambert, hat sich in seiner Photometria §. 1190 viel richtiger darüber geäussert; er lässt mittelst einer schief gestellten Glasplatte zwei farbige Streifen sich decken und sagt: *Adhibita charta flava et caerulea, quod paradoxon videbitur, imago nullo modo viridem induit colorem, verum aut erat flava obscurior, aut cinerea obscurior, coloris murium, ferri et aeruginis spectandum sistens, aut caeruleo-purpurea videbatur.* Es entsteht also Grau, d. h. Farblosigkeit. Auch durch Mischung anderer Farben wird immer die Lebhaftigkeit des Farbeneindrucks geschwächt, so dass immer das Grau in dieser sogenannten Mischung sehr überwiegt und nicht ein intensives Weiss entsteht, wie namentlich aus einigen der Maxwell'schen Unsersuchungen hervor-

geht. (*Experiments on colour as perceived by the eye etc. Transactions of the royal Society of Edinburgh. Vol. XXI.* p. 275 u. 281); 2) kann der Farbeneindruck zum Verschwinden gebracht werden, wenn die farbige Fläche eine sehr geringe Ausdehnung hat, worauf ich schon früher aufmerksam gemacht habe (Gräfe's Archiv III, 2, p. 39 sq.) und wofür ich im Folgenden Versuche beibringen werde; 3) erscheint ein Object farblos, wenn die von ihm zum Auge gelangende Lichtmenge zu gering ist, und zwar erscheint es grau auf schwarzem Grunde, dunkel oder schwarz auf weissem Grunde. Dieses letzte Verhalten will ich zunächst einer genaueren Untersuchung unterwerfen.

§. 10. Es ist also die Frage: *Bei welcher Lichtmenge können farbige Flächen nicht mehr als farbig erkannt werden?*

Zu den Versuchen dienten lebhaft gefärbte Papiere ohne Glanz. Es waren davon grössere Quadrate geschnitten von 60 Mm. Seite, welche auf schwarze Pappe geklebt waren, und kleinere Quadrate von je 10 Mm. Seite, von denen je zwei in einer Entfernung von 10 Mm. von einander theils auf intensiv weisses Cartonpapier, theils auf schwarzes mattes Papier geklebt waren. So liess sich einigermaassen der Einfluss der Grösse und der des Contrastes der Umgebung beurtheilen. Wie gross der letztere ist, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man von zwei kleinen Quadraten intensiv rothen oder blauen Papiers das eine auf weisses, das andere auf schwarzes Papier legt und aus einer Entfernung von einigen Fuss betrachtet. Das rothe Papier auf dem schwarzen Grunde erscheint dann orange, das auf dem weissen Grunde dagegen tief dunkelroth.

Diese Objecte wurden in dem finstern Zimmer dem Diaphragma gegenüber auf einem schwarzen Gestell in einer Entfernung von etwa 1 Mètre aufgestellt; in der Entfernung von 1 Mètre befanden sich auch die Augen. Es wurden immer gleichzeitig mehrere Objecte aufgestellt, und zwar so, dass ich nicht wusste, was für Farben gewählt worden wären. Nach gehöriger Accommodation des Auges für die Dunkelheit wurde dem Diaphragma die kleinste Oeffnung gegeben; ich habe das meist selbst gethan, indem ich mittelst eines vor die Oeffnung gehaltenen Buches das Licht derselben von meinem Auge abblendete und zugleich auf den Maassstab an dem Diaphragma

reflectirte. Nach einiger Ruhe des Auges blickte ich dann auf die Objecte, und notirte, ohne auf das Protokoll zu sehen, was ich von der Helligkeit und Farbe derselben bemerken konnte. Dann wurde eine grössere Oeffnung des Diaphragma's eingestellt, und so fort, bis sämmtliche Farben deutlich und sicher erkannt worden waren. Darauf wurden die Objecte in der Reihenfolge, in welcher sie aufgestellt gewesen waren, in das Helle gebracht und ihre Farbe notirt.

Die folgende Tabelle II enthält eine Uebersicht der Resultate einer solchen Versuchsreihe. Die Zahlen der ersten Columne bezeichnen die Grösse der Seite, welche der quadratischen Diaphragma-Oeffnung gegeben worden war. Daneben stehen die dabei erkennbaren Farben. Wenn dieselben eingeklammert sind, so erschienen sie noch nicht in ihrer wirklichen Farbe. Das Fragezeichen daneben bedeutet, dass die Farbe nicht mit Sicherheit angegeben werden konnte, sondern nur vermuthet wurde:

Tabelle II.

Grösse der Oeffnung in Centim.	Doppelquadrate von je 1 Centim. Seite und Distanz	
	auf schwarzem Grunde.	auf weissem Grunde.
1/4, 1/2, 1	0	0
1 1/4	(Orange erscheint roth).	0
1 1/2	(Orange roth).	(Orange ?) Roth ? (Gelb).
2	Orange, Gelb, Roth, Rosa (Dunkelroth).	Orange, Gelb, Rosa, Ro (Hellgrün = Hellblau).
2 1/2	(Hellgrün), Dunkelroth, (Braun ?).	(Hellgrün = Hellblau).
3	Hellblau, Grau, Braun, (Hellgrün).	Hellgrün, Hellblau (Blau ?
3 1/2	Hellgrün.	—
4	—	Blau (Dunkelroth).
5	Blau (Grün).	Dunkelroth.
6	—	(Grau ?), (Braun ?).
7	—	Grau, Braun.
8	Grün.	—
15	—	Grün.

Ueber diese Tabelle ist zunächst zu bemerken, dass sie mit fünf andern in derselben Weise an andern Tagen gemachten Beobachtungsreihen sehr gut übereinstimmt, namentlich was die Reihenfolge in der Erkennbarkeit der Farben betrifft. Die Abweichungen beziehen sich fast nur auf grössere oder geringere Lichtmengen, welche erforderlich waren an verschiedenen Tagen, was wohl mit der verschiedenen Helligkeit des Himmels im Zusammenhange stehen dürfte. — Aus dieser und den übrigen Beobachtungsreihen ergiebt sich nun: 1) *dass bei sehr geringen Lichtmengen gar nichts von Farbe erkannt werden konnte.* Es beruht das nicht etwa darauf, dass die Quadrate überhaupt nicht zu sehen gewesen wären; die meisten Quadrate auf Schwarz und alle Quadrate auf Weiss waren als Flecke oder als Doppelquadrate sichtbar, aber sie erschienen durchaus farblos, zie waren grau oder schwarz; 2) *dass die Farben der untern Seite des Spectrums früher sichtbar werden, als die der oberen Seite,* was indess nur als *ungefähr* zutreffend angesehen werden darf, indem wir es ja bei unsern Pigmenten nicht mit reinen, einfachen Farben, sondern mit complicirten Farbenmischungen zu thun haben, und ausserdem auch die Farben nicht in derselben Reihenfolge, wie sie im Spectrum sind, sichtbar werden. Auffallend bleibt indess immerhin das verhältnissmässig so sehr frühe Sichtbarwerden von Orange, Roth, Gelb und Rosa. Diese Pigmente sind an *Helligkeit* ausserordentlich verschieden, während die beiden Blau und die beiden Grün ebenfalls an Helligkuit sehr bedeutend differiren. Das Roth z. B. ist bedeutend dunkler als das Orange, und dieses wieder viel dunkler als das Gelb, welches sich sehr dem Weiss nähert. Auf der andern Seite ist das Blau und das Grün sehr bedeutend dunkler, als das Hellblau und das Hellgrün.

§. 11. Bekanntlich fehlt es an einer Methode, zu bestimmen, welche von zwei gegebenen verschiedenen Farben die hellere ist, wenn es sich nicht um bedeutende Differenzen handelt. *Ich habe daher versucht, die Helligkeitsgrade meiner Pigmente zu bestimmen bei einer Beleuchtung, bei welcher von Farbe noch nichts zu bemerken war.* Ich habe die Bestimmungen bei $^1/_{16}$ Ctm.^{2}, $^1/_4$ Ctm.^{2} und 1 Ctm.^{2} Oeffnung des Diaphragma's gemacht, ohne besondere Unterschiede zwischen

diesen 3 Beleuchtungen gefunden zu haben, und führe daher der Kürze wegen nur meine Notirungen bei 1 Ctm.² Oeffnung an:

I. *Auf weissem Grunde:*

1. Schwarz, Braun, Roth, Dunkelroth, Orange und Grün erschienen schwarz.
2. Blau erschien etwas weniger tief schwarz.
3. Hellblau und Hellgrün erschienen bedeutend heller, unter einander aber gleich.
4. Rosa noch heller.
5. Gelb am hellsten.

II. *Auf schwarzem Grunde.*

1. Roth am dunkelsten.
2. Dunkelroth.
3. Orange und Grün.
4. Blau und Grau.
5. Hellgrün und Hellblau.
6. Rosa und Gelb.
7. Weiss bei weitem am hellsten.

Die Versuche wurden so gemacht, dass ich durchaus nicht die Farben wusste, indem ich sie ganz unregelmässig von einer andern Person hatte aufstellen lassen. Als ich im weiteren Verlaufe der Versuchsreihe die Farbe der Quadrate erfahren hatte, fand ich bei Wiederverfinsterung bis auf $^1/_4$ Ctm.² dieselben Helligkeitsunterschiede, die ich im Anfange notirt hatte. Ich darf nicht verschweigen, dass mich dieser Befund höchlichst überrascht hat, denn im gewöhnlichen Tageslichte würde ich Roth und Blau für etwa gleich hell halten, das Orange dagegen für viel heller, so dass es etwa mit Hellblau und Hellgrün zusammenstände, und Rosa für heller als diese beiden, aber ein wenig dunkler als Gelb. Offenbar wird die Helligkeit einer Farbe von der Menge farbiger Strahlen abhängig sein, die im Tageslichte enthalten sind, so dass z. B., wenn viel Blau darin ist, ein blaues Papier heller erscheinen muss, als ein rothes Papier. Indess ein Licht, welches alle Strahlen in gleicher Menge enthielte, kenne ich nicht, und da man doch die Versuche am Ende mit irgend einem Lichte

machen muss, so scheint mir das Tageslicht immer noch das geeignetste. Es mag genügen, *diese Methode, die Helligkeit von Pigmenten zu bestimmen,* welche wohl eine ausführliche Bearbeitung verdiente, hier angedeutet zu haben. — Wenn übrigens in einem Lichte z. B. mehr blaue Strahlen enthalten sind, und Blau also heller erscheint, als Roth, so sollte man wohl auch erwarten, dass es früher als farbig gesehen wird, was doch hier nicht der Fall ist.

Noch muss ich bemerken, dass die Farbe, welche ich als Dunkelroth bezeichnet habe, auch im gewöhnlichen hellen Tageslichte eigentlich nicht dunkler ist, als das mit Roth bezeichnete Pigment; es ist vielmehr nur Schmutzigroth.

Soviel geht aus den Beobachtungen entschieden hervor, dass die *Helligkeit* der Pigmente nicht die Ursache sein kann, dass dieses oder jenes Quadrat früher farbig erscheint.

§. 12. 3) *Von Einfluss auf die Erkennbarkeit der Farben ist die Umgebung derselben.* Orange wurde bei etwas schwächerer Beleuchtung früher auf Schwarz, als auf Weiss erkannt, Blau früher auf Weiss, als auf Schwarz, Grün früher auf Schwarz, als auf Weiss. Indess sind die Differenzen im Ganzen nicht so bedeutend, als ich, nach den Chevreul'schen Untersuchungen über den *contraste simultané (Mémoires de l'Institut,* T. XI, 1832, p. 447 sq.) und nach meinen Untersuchungen über das Erscheinen der Farben beim indirecten Sehen erwartet hatte (Gräfe's Archiv III, 2, p. 39 sq.). Sehr auffallend ist dagegen *der Einfluss des umgebenden Grundes auf die Nüance der Farben* bei schwacher Beleuchtung. Zunächst ist über das Erscheinen der Farbe bei verminderter Intensitat der Beleuchtung zu bemerken, dass der tiefe Ton, die Sättigung der Farbe, welche die matten Papiere meist in so hohem Grade haben, durchaus verloren geht. Die Farben sind äusserst matt und unbestimmt. Das brennende Roth erscheint zuerst tief dunkel, wie ein schönes sehr dunkles Braun, Orange erscheint sehr dunkel und rein roth, Gelb nähert sich auf Schwarz einem nicht ganz reinen Weiss, auf Weiss sieht es schmutzig-grau aus mit einem röthlich-gelben Stiche; Hellgrün ist zuerst von Hellblau nicht zu unterscheiden sowohl auf Schwarz als auf Weiss, und sieht auf jenem viel heller aus, als auf diesem; auf Schwarz sieht es

auch bei grösserer Oeffnung des Diaphragma's, als zu seiner ersten Erkennung nothwendig ist, immer viel mehr grau aus, als auf weissem Grunde. Dasselbe gilt von dem Blau, welches im hellem Tageslichte sehr lebhaft und schön gefärbt ist: bei 25 Ctm.² Oeffnung sieht es auf schwarzem Grunde grau aus und hat nur einen bläulichen Stich, es ist noch viel grauer, als z. B. das blaue Packpapier; auf weissem Grunde ist es fast schwarz, hat aber ausser dem tief blauen Schimmer eine eigenthümliche Weichheit der Oberfläche, wie feiner Sammet. Ganz ähnlich, nur noch auffallender verhält sich Grün, welches bei hellem Tageslicht etwa die Farbe der Lupinenblätter hat, bei 49 Ctm.² auf Schwarz aber schmutzig-blaugrau, auf Weiss dagegen völlig schwarz aussieht, und erst bei 225 Ctm.² oder gar erst bei 400 Ctm.² etwa so, wie das dunkle russisch-grüne Tuch erscheint.

4) Auch hier ist es auffallend, dass bei den relativ geringsten Lichtintensitäten die Färbung nur im ersten Momente des Anschauens sichtbar ist, nach wenigen Secunden aber ganz verschwindet.

§. 13. 5) Wie beim indirecten Sehen, so ist auch bei Verminderung der Lichtintensität sehr wesentlich für die Erkennbarkeit der Farben *die Grösse der farbigen Fläche.* Wenn ich durch Annäherung des Auges an die Objecte auf 2 Decimeter den Gesichtswinkel vergrösserte, so konnte ich viele Farben erkennen, die mir bei der Entfernung von 1 Mètre farblos erschienen waren. Um dieses Moment genauer bestimmen zu können, beobachtete ich grössere Quadrate, von denselben Papieren geschnitten, aus derselben Entfernung, nämlich von 1 Mètre. Die Quadrate hatten 60 Mm. Seite, boten also einen 36mal grösseren Flächenraum dar, als die bisher benutzten, und waren auf schwarze Pappe geklebt; da sie auf ein schwarzes Gestell gesetzt wurden, so war ihre ganze Umgebung schwarz oder lichtlos. Ich stelle in der folgenden Tabelle die Resultate dieser Beobachtungen mit denen der kleineren Quadrate auf schwarzem Grunde zusammen, und wähle dazu Notirungen von demselben Vormittage, die sogar unmittelbar nach jenen gemacht wurden.

Tabelle III.

Grösse der Oeffnung.	Grosse Quadrate von 60 Mm. Seite.	Kleine Doppelquadrate von je 10 Mm. Seite.
$(^1/_4$ Ctm.$)^2$	Orange, Roth, Dunkelroth.	0
$(^1/_2$ Ctm.$)^2$	(Blau).	0
(1 Ctm.)^2	Blau, Gelb, Rosa, Hellgrün.	0
$(1^1/_2$ Ctm.$)^2$		(Orange), (Roth).
(2 Ctm.)^2		Orange, Roth, Gelb, Rosa.
(3 Ctm.)^2		Dunkelroth, Hellgrün, (Blau ?).
(5 Ctm.)^2		Blau.

Berücksichtigt man hierbei die Farbenquadrate, welche am meisten farbiges Licht, aber wenig weisses Licht reflectirten, nämlich Orange, Roth und Blau, so zeigt sich ein eigenthümliches Verhältniss zwischen der Grösse der farbigen Quadrate und der Menge des zugelassenen Lichtes. Denn setzt man die kleinste Oeffnung des Diaphragma's von $(^1/_4$ Ctm.$)^2 = 1$, so bekommen wir für die folgenden grösseren Oeffnungen die Zahlen 4, 16, 36, 64, 144, 400, welche wir als den Lichtintensitäten entsprechend ansehen müssen. Die Fläche der grossen Quadrate ist, wie erwähnt, 36mal so gross, als die der kleinen, wir werden also die Menge der in's Auge gelangenden Farbenstrahlen bei den kleinen $= 1$, bei den grossen $= 36$ setzen können, unter der Annahme, dass dieselben *nur* die *eine* Art Strahlen reflectiren. Dann wird die Menge des in's Auge gelangenden *rothen* (oder orange) Lichtes bei der kleinsten Oeffnung zu setzen sein $= 1 \times 36$ für die grossen Quadrate; dieselbe wird für die kleinen Quadrate, die erst bei $(1^1/_2$ Ctm.$)^2 = 36$ sichtbar wurden, zu setzen sein $= 36 \times 1$, woraus folgt, dass die Menge der in's Auge gelangenden Farbenstrahlen gleich gross sein muss, übrigens aber auf einen ungleich grossen Raum vertheilt sein kann, um eben noch als farbig wahrgenommen zu werden. Dasselbe gilt für Blau, dessen grosse Quadrate bei $(^1/_2$ Ctm$)^2 = 4$ sichtbar wurden, während die kleinen

erst bei (3 Ctm.)^2 = 144 eine Spur von Blau zeigten; wir bekommen also 4 × 36 = 144 × 1. Für die übrigen Farben passt indess das Verhältniss nicht, sie sind vielmehr bei einer kleinen Ausdehnung verhältnissmässig viel früher, oder bei einer verhältnissmässig viel geringeren Lichtmenge sichtbar, als die grossen Quadrate. Das hier vorläufig noch an keine so einfache Regel gedacht werden kann, werden wir sogleich noch weiter bestätigt sehen.

IV. Beziehungen zwischen dem Raumsinne und Farbensinne.

§. 14. Es bietet sich nun zunächst die allgemeine Frage dar: *Unter welchen Gesichtswinkeln können Farben noch erkannt werden?*

Die Frage scheint durch die Beobachtungen der Astronomen bereits gelöst zu sein, da ja verschiedene Fixsterne farbig erscheinen. Humboldt hat im Kosmos (III, p. 168—173) eine Menge von Angaben zusammengestellt. Auch Littrow hat in seinem „Atlas des gestirnten Himmels“ die Farben der Sterne angegeben, so dass sich Repräsentanten für alle Farben des Spectrums finden lassen. Als roth *(ruby coloured)* führt J. Herschel eine Menge Sterne an, welche im Teleskop wie Blutstropfen erscheinen; orange ist Arcturus und mehrere Sterne von grosser Helligkeit; gelb ist β im kleinen Bären; grün wird unter andern der grössere Stern von ε im Hasen, als blau die kleinen Sterne von ζ und η der Leier, als rothblau (violett?) ein kleinere Stern von χ im Bootes bezeichnet. Unter Umständen können also Objecte ohne scheinbaren Durchmesser farbig erscheinen. Welche aber sind diese Umstände? Wie wichtig die Lichtintensität dabei ist, wie bedeutend die Umgebung, der Grund, auf dem die Objecte erscheinen, influencirt, haben wir eben gesehen, und wir müssen daraus schliessen daraus, dass der kleinste Gesichtswinkel für farblose Objecte nach der Helligkeit und dem Grunde so bedeutend verschieden ist. Während Humboldt seinen Freund Bonpland (Kosmos III, p. 70) und Plateau ein weisses Quadratcentimeter auf einer schwarzen Tafel im Sonnenschein unter einem Gesichtswinkel von 12″ sah, konnte das Gauss'sche Heliotroplicht noch unter einem Winkel von 0″,43 gesehen werden. Meines Wissens existiren für irdische Pigmente

nur 3 Bestimmungen von Plateau und 4 von mir über den Winkel, unter dem dieselben nicht mehr farbig, oder unter dem sie überhaupt nicht erscheinen. (Plateau, Poggendorf's Annalen Bd. 96 [20], 1830, p. 328; ich in Gräfe's Archiv III, 2, p. 60.) Plateau hat farbige Papiere von 1 Ctm. auf einer schwarzen Tafel befestigt, und sich von ihnen soweit entfernt, bis der farbige Gegenstand nur als eine kleine, kaum wahrnehmbare Wolke erschien und einige Schritte weiter vollständig verschwand, und zwar Weiss unter einem Gesichtswinkel von 18″, Gelb bei 19″, Roth bei 31″, Blau bei 42″ (im Schatten). *Ich* habe gefunden, dass ein blaues und ein rothes Quadratmillimeter, beide auf Weiss, unter einem Gesichtswinkel von 1′ 30″ respective 0′ 45″ farblos erschienen, ein rothes Quadratmillimeter auf Schwarz aber bei 1′ 8″ farblos wurde, und ein blaues auf schwarzem Grunde seine Farbe nicht verlor, aber unter sehr kleinem Gesichtswinkel verschwand.

In späteren Versuchen habe ich die Bestimmungen etwas anders gemacht und zugleich die Frage gestellt:

Unter welchem Gesichtswinkel lassen sich zwei farbige Objecte von einander unterscheiden?

§. 15. Zur Beantwortung dieser und der oben gestellten Frage verfuhr ich folgendermaassen: An dem einen Ende eines hellen Corridors von über 200 Fuss Länge wurde ein schwarzes Brett auf einem Stativ aufgestellt, und an dieses die oben beschriebenen und benutzten farbigen Doppelquadrate von je 10 Mm. Seite und eben so grosser Entfernung von einander gestellt. Sie waren auf weisse und auf schwarze Papiere von 7 Ctm. Breite und 9 Ctm. Höhe geklebt, so dass sie ringsum von gleichviel Weiss oder Schwarz umgeben waren. Die Scheiben wurden ohne irgend welche Ordnung neben einander gestellt, und ich begab mich nun an das andere Ende des Corridors. Auf dem Fussboden desselben lag ein von halben zu halben Metern getheiltes Band. Ich näherte mich nun allmälig den Objecten, blieb stehen, sobald ich etwas erkannte, notirte dasselbe und las meine Entfernung von den Objecten an dem Bande ab, welche dazu notirt wurde. Ich wusste dabei nicht, wie die Objecte geordnet waren, und welche Objecte aufgestellt waren. Es wurde nur an hellen Tagen

beobachtet, und zwar in den Stunden zwischen 1 und $3^1/_2$ Uhr, Ende August und Anfang September. Auf der folgenden Tabelle sind die Resultate einer solchen Beobachtungsreihe zusammengestellt, und zwar auf Gesichtswinkel für 1 Ctm.^{2} berechnet.

Tabelle IV.

Doppelquadrate von je 10 Mm. Seite und Distanz.	Erscheinen zuerst farbig		Erscheinen zuerst zwei	
	auf weissem Grunde.	auf schwarzem Grunde.	auf weissem Grunde.	auf schwarzem Grunde.
I. Schwarz	—	—	1′ 8″	—
II. Weiss	—	(0′ 39″)	—	0′ 55″
III. Roth	1′ 43″	0′ 59″	1′ 8″	1′ 23″
IV. Dunkelroth	3′ 27″	1′ 23″	1′ 8″	1′ 8″
V. Braun	4′ 55″	1′ 23″	1′ 8″	1′ 23″
VI. Orange	1′ 8″	0′ 39″ (59″)	1′ 14″	0′ 55″
VII. Rosa	2′ 18″	3′ 49″	1′ 14″	0′ 55″
VIII. Gelb	3′ 27″	0′ 39″ (59″)	3′ 27″	0′ 55″
IX. Hellgrün	1′ 54″	1′ 49″ (1′ 8″)	1′ 14″	1′ 16″
X. Blau	5′ 43″	4′ 17″	1′ 8″	4′ 17″
XI. Hellblau	2′ 17″	1′ 23″ (1′ 8″)	1′ 16″	1′ 8″
XII. Grau	4′ 17″	1′ 23″	1′ 14″	1′ 23″

Es kann auffallen, dass in der Tabelle durchgängig viel grö Gesichtswinkel angegeben sind, als Plateau gefunden hat; aber sogleich ersichtlich, dass ich etwas ganz anderes bestimmt als Plateau. Dieser hat die Entfernung bestimmt, in welcher einem farbigen Quadrate nichts mehr wahrgenommen werden k *wo es absolut verschwunden war* — ich dagegen habe die Entfer gesucht, bei welcher die *erste Spur von Farbe sichtbar* wurde; ist also durchaus zweierlei.

Wer sich mit numerischen Bestimmungen im Gebiete unserer Sinnesthätigkeiten beschäftigt hat, weiss es, dass sich die Grenzen, an denen ein Object verschwindet, oder wo es zuerst sichtbar wird, nicht mit mathematischer Genauigkeit bestimmen lassen. Auch in den vorliegenden Bestimmungen liess sich die Grenze nicht auf einen Punkt fixiren, sie schwankte oft um ein halbes, bei grösseren Entfernungen um ein ganzes Mètre, so dass eine Differenz von 3—5 Secunden in der Breite der Willkür lag. Bei den Farben tritt noch die Schwierigkeit auf, dass ein Object zwar farbig erscheint, aber bei *sehr kleinem Gesichtswinkel eine ganz andere Farbe zeigt, als bei grossem Gesichtswinkel.* Dasselbe habe ich auch bei Beobachtungen mit Beschränkung des Lichtzutrittes beobachtet. So erschien Orange auf Schwarz bei 39″ röthlich, bei 59″ aber erst orange; Rosa auf Schwarz erschien bei 39″ grau, bei 59″ gelb, bei 1′ 8″ goldgelb, bei 1′ 23″ röthlich-hellgelb, bei 2′ 18″ röthlich-gelb und erst bei 3′ 49″ deutlich rosa. Hellgrün auf Schwarz erschien bei 1′ 8″ und bei 1′ 23″ bläulich und wurde erst bei 1′ 49″ deutlich grün; es konnte zuerst von Hellblau nicht unterschieden werden. Weiss auf schwarzem Grunde war durch seine Helligkeit sofort charakterisirt, aber es hatte öfters einen bläulichen Anflug; ebenso erschien Grau auf Weiss und Schwarz oft mit einem röthlichen Teint. In der Tabelle habe ich immer die Zahlen angegeben, bei denen die Farbe *richtig* erkannt wurde, und nur mitunter den Winkel, unter dem zwar eine Färbung deutlich war, dieselbe aber unrichtig angegeben wurde, in Klammern beigefügt.

§. 16. Ich möchte aber bei dieser Gelegenheit an die mit Farben experimentirenden Physiologen die Frage richten: *ob sie jemals ein ganz reines Weiss oder ein ganz reines Grau ohne jegliche farbige Nüance gesehen haben? Denn ich selbst habe es nie gesehen.* Sonne, Mond und Sterne erscheinen mir immer gelblich, der sogenannte weisse Himmel grünlich oder röthlich, die Mischungen an der Maxwell'schen Scheibe, mögen sie aus Farben oder aus Schwarz und Weiss gemischt sein, haben immer einen farbigen Teint, entweder zum Bläulichen oder zum Gelbröthlichen sich hinneigend, sogenanntes

weisses Papier erscheint mir immer bläulich, grünlich, röthlich od
gelblich, ebenso Leinenzeug. Allerdings kann das eine Object wei
sein, als das andere, aber ein absolut weisses Object kenne ich, wi
gesagt, nicht. Dass man dabei sehr gut wissen kann, was gem
ist, wenn man sagt: Blau und Gelb gemischt geben Grau oder Wei
versteht sich von selbst, denn die Differenz derselben von eigentlich
Farben ist ja sehr gross; dass man aber dabei doch in Verleg
heit kommen kann, habe ich bei den Maxwell'schen Versu
gesehen.

§. 17. Berücksichtigen wir nun die *Reihenfolge*, in welcher
einzelnen Farben erkennbar wurden, so finden wir für die Farben
schwarzem Grunde:

1. (Weiss), Gelb und Orange, 2. Roth, 3. Dunkel
Braun, Hellblau, (Hellgrün?), 4. Hellgrün, 5. (Ro
6. Blau.

Dieselbe Reihenfolge, die ich hier für das Sichtbarwerden
Farbe gefunden habe, hat Plateau für das Verschwinden der
bigen Objecte gefunden, nämlich Weiss bei 18″, Gelb bei 19″;
Differenz von der einen Secunde kann man ohne Bedenken
setzen; dann folgt Roth bei 31″ in einer allerdings viel grö
Differenz, als bei mir, endlich Blau bei 42″, einer verhältniss
geringen Differenz, wenn ich es mit meinem gesättigten Blau
gleiche, dagegen in guter Uebereinstimmung, wenn ich es mit
nem Hellblau vergleiche.

Fast dieselbe Ordnung zeigt sich, wenn ich die hier erhal
Resultate mit den bei *Verminderung* der *Lichtintensität* erhaltenen
gleiche, nur Rosa fällt ganz aus der Reihe und Dunkelroth (Schm
roth) nimmt einen ein wenig verschiedenen Rang ein, wie fol
Zusammenstellung zeigt.

Tabelle V.

Farbenfolge bei verminderter Beleuchtung.		Farbenfolge bei abnehmendem Gesichtswinkel.	
Orange	$(1^1/_2$ Ctm.$)^2$	Gelb	39″
Gelb	2	Orange . . .	39″ (59″)
Roth	2	Roth	59″
Rosa	2	Dunkelroth .	1′ 23″
Dunkelroth	$2^1/_2$	Hellblau . .	1′ 23″ (1′ 18″)
Hellblau	3	Braun . . .	1′ 23″
Braun	3	Hellgrün . .	1′ 49″
Hellgrün	$3^1/_2$	Rosa	3′ 49″
Blau	5	Blau	4′ 17″

Dies Resultat muss um so mehr auffallen, wenn man die oben näher angegebene grosse Verschiedenheit in der Helligkeit der einzelnen angewendeten Farben berücksichtigt. Eine genauere Beziehung zwischen Gesichtswinkel und Beleuchtungsintensität existirt für die Farben indess nicht, oder lässt sich wenigstens nicht aus den wenigen von mir gewonnenen Daten finden, so dass sich der Satz: zur Erkennbarkeit der Farben müsse eine bestimmte Menge farbigen Lichtes in's Auge gelangen, ohne dass es auf die räumliche Ausbreitung desselben ankomme, nicht aufstellen lässt. Denn nach meiner Rechnung würde für Blau eine Lichtintensität von 9355 (s. oben §. 13), für Roth 44130 postulirt werden. Im Allgemeinen wird indess der Satz gelten, dass *mit Abnahme des Gesichtswinkels* die *Beleuchtung der Farben zunehmen* muss, wenn dieselben erkennbar sein sollen.

Wesentlich anders stellt sich die Farbenfolge auf *weissem Grunde,* wohl grösstentheils bedingt durch den Contrast, ausserdem aber durch Irradiation. Alle Farben erscheinen erstens viel dunkler auf weissem, als auf schwarzem Grunde. Hellblau sieht auf weissem Grunde in grosser Entfernung schwarz aus, desgleichen Braun, Dunkelroth und Roth; Rosa erscheint dunkelgrau, Gelb fängt erst sehr spät an, sich von dem Grunde zu unterscheiden, und Blau erschien bei 4′17″ noch

ganz schwarz, oder bekam höchstens auf Momente einen bläulichen Schimmer. *Sicher geht aus allen diesen Befunden aber eine specifische, von Grund, Beleuchtung, Helligkeit und Gesichtswinkel abhängige Qualität der Farbe als solcher in Bezug auf Erkennbarkeit hervor.* Denn unter Bedingungen, wo Hellblau schwarz aussieht, erscheint Roth schon als solches.

Die Umgebung hat ferner einen Einfluss auf die *Nüance* der Farben. So sieht Braun auf Schwarz rehfarben, wie hell gebrannter Kaffee aus, während es auf Weiss unter demselben Gesichtswinkel von Schwarz nicht zu unterscheiden ist. Hellblau sieht auf Schwarz graugrünlich aus, auf Weiss völlig schwarz und unter grösserem Winkel wie ein sehr dunkles Blau, u. s. w.

§. 18. So viel über die Frage, unter welchem Gesichtswinkel Farben noch erkannt werden können. Die zweite Frage, „unter welchem Gesichtswinkel sich *zwei* farbige Objecte *unterscheiden* lassen," findet ihre Beantwortung in den beiden letzten Columnen der Tabelle IV. Die Differenzen in den Zahlen sind hier bei weitem geringer, als in den beiden ersten Columnen, namentlich wenn man Gelb auf weissem Grunde und Blau auf schwarzem Grunde bei Seite lässt. Hier lag die Ununterscheidbarkeit daran, dass sich die beiden Farben von ihrem Grunde nicht unterschieden; als sie überhaupt gesehen wurden, liessen sie sich auch sogleich als 2 erkennen. Auf weissem Grunde sind es nur die helleren Farben, welche in etwas geringerer Entfernung als zwei Punkte unterschieden werden konnten, indess ist auch hier die Differenz sehr gering. Dass sich eine Verschiedenheit in der Distinction durch Einwirkung der Umgebung herausstellen würde, war von vornherein zu erwarten, da ja nach Hueck's Untersuchungen weisse Objecte auf schwarzem Grunde in grösserer Entfernung gesehen werden können, als schwarze Objecte auf weissem Grunde. Damit stimmen auch meine Resultate überein, denn die weissen Quadrate auf Schwarz konnten noch bei 55″, die schwarzen auf Weiss nur bei 1′ 8″ als zwei erkannt werden. Dasselbe gilt für die helleren Farben Orange, Rosa, Gelb und Hellblau, während die dunkleren und gesättigten Farben erst in grösserer Nähe distinct erschienen. — Genau dasselbe Resultat für schwarze Punkte auf weissem

Papier hat Hueck erhalten: sie verschmolzen mit einander unter einem Sehwinkel von 1′ 4″ (Müller's Archiv 1840, p. 87). Von hellen Doppelpunkten (nicht Linien) auf schwarzem Grunde kann ich nur ein älteres Citat aus Smith-Kästner's Lehrbegriff der Optik beibringen, wo es p. 29 heisst: „Dr. Hoock (*Animadversions on Hevelii machina coelestis* p. 8.) versichert uns, das schärfste Auge könne nicht wohl eine Weite am Himmel, z. E. einen Flecken auf dem Monde oder den *Abstand zweener Sterne* erkennen, die am Auge einen Winkel von weniger als einer halben Minute ausmache, und von hunderten könne kaum einer solche erkennen, wenn sie weniger als eine Minute beträgt.“ Das stimmt mit meinen 55″.

Nun ist aber die schwierige Frage, *wie solche Distanzen von der Netzhaut wahrgenommen werden können?* Berechnet man, zunächst mit Vernachlässigung der Irradiation, die Grösse der Netzhautbildchen von den Quadraten, so findet man die Distanz und die Seite der Quadrate = 0,0039 Mm. Die Breite eines Zapfens beträgt aber nach Kölliker's Messungen 0,002‴ — 0,003‴ = 0,0044 — 0,0066 Mm. Sieht man nun die Zapfen als die empfindenden Elemente der Netzhaut an, so würde die Distanz innerhalb eines Elementes liegen, und daher eine distincte Empfindung nicht stattfinden können. Aus dieser Schwierigkeit würde für meine, aber nicht für Hoock's Befunde eine Annahme von Helmholtz helfen, die indess, wie mir scheint, wieder durch Volkmann's Untersuchungen über Irradiation paralysirt wird. Helmholtz sagt nämlich in seiner physiologischen Optik p. 217: „Ist die Breite der Objecte gleich dem dunkeln Streifen zwischen ihnen, so ist es nicht gerade nöthig, dass die Netzhautelemente schmäler seien, als das Bild des dunkeln Streifens. Ein Netzhautelement, welches von dem Bilde des dunkeln Streifens getroffen wird, und mit seinen Seitenrändern zum Theil noch in die dunkeln Streifen hineinragt, wird deshalb doch noch weniger Licht als seine Nachbarn empfinden können, vorausgesetzt, dass die ganze Lichtmenge, von der es getroffen wird, kleiner ist, als die der Nachbarn. Wir können in solchen Fällen mit Gewissheit nur so viel folgern, dass die Netzhautelemente kleiner seien, als die Entfernung der Mittellinie der hellen Streifen.“ Wenn also

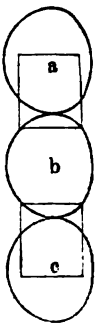


Fig. 3.

a, b, c Netzhautelemente sind, auf welche die Bilder der Quadrate fallen, so würde *b* immerhin etwas Licht von dem oberen und unteren Quadrate bekommen können, die Lichtmenge, welche auf *a* und *c* wirkt, würde grösser sein, als die auf *b* wirkende, und es würde somit eine Differenz der Empfindung zwischen *b* und *a* oder *c* sein. — Für Hoock's Doppelsterne, also Objecte ohne scheinbaren Durchmesser, lässt sich dieser Ausweg aber nicht benutzen; und es scheint mir gänzlich unmotivirt, dass Helmholtz sämmtliche Angaben mit 2 multiplicirt und für Doppelsterne, Spinnenwebenfäden u. s. w. die Angaben der Autoren ebenso verdoppelt, wie für breite Linien; für Hoock's Doppelsterne giebt Helmholtz geradezu 60″, anstatt 30″, wie es offenbar heissen muss. — Nun schliesst aber Volkmann aus seinen Untersuchungen mit vollem Rechte: Alle bisher gemachten Angaben über die Grösse der kleinsten noch wahrnehmbaren Netzhautbilder sind sämmtlich zu gross, weil die Rechnungen die Irradiation unberücksichtigt lassen (Leipziger Berichte 1857, p. 148). In meinen Versuchen ist wahrscheinlich der von Volkmann p. 137 bezeichnete Fall 2 eingetreten, „dass das Weisse auf Kosten des benachbarten Schwarzen zu gross erschienen ist"; ich schliesse das daraus, dass mir in etwas grösserer Entfernung die zwei über einander befindlichen Quadrate als verticale Linie erschienen, welche sehr hell war, und dass die weissen Quadrate auf Schwarz unter einem kleineren Gesichtswinkel erkannt werden konnten, als die schwarzen Quadrate auf Weiss. Wie gross die Zerstreuungskreise bei mir sein mögen, weiss ich nicht, wenn sie aber nur die Hälfte von der Grösse der Quadrate betragen, was sehr wenig wäre, so würde ein Zapfen zu gross sein, um ein Empfindungselement sein zu können. — Wenn Max Schultze seinen Satz: *Bacilla nervosa et nihil aliud esse, nisi terminationes fibrarum nervi optici (Observationes de retinae structura penitiori,* Bonn 1859, p. 24) noch beweist, so hilft uns das auch nichts, da ja an der Stelle der *fovea centralis* keine Stäbchen liegen. Und dennoch, glaube ich, braucht man die Annahme, dass die Zapfen Empfindungselemente seien (was Schultze auch nicht in Abrede zu

stellen scheint), noch nicht aufzugeben: Ich habe an mir und an Andern bemerkt, dass man, um sehr feine Objecte zu unterscheiden, absichtlich *Bewegungen* mit dem Kopfe und den Augen macht; wenn man das aber auch nicht thut, so ist ja bei dem Schwanken unseres Körpers u. s. w. die Retina nicht unbewegt, wie man sie sich vorzustellen pflegt. Die Lage der Quadrate wird also gegen die Retinaelemente sich stets verändern; die in Fig. 3 gezeichnete Lage ist die ungünstige; kommt aber das Element *b* abwechselnd auf das obere Quadrat, dann auf den Zwischenraum, dann auf das untere Quadrat, so wird auf diesen 3 verschiedenen Eindrücken, die durch die Elemente *a* und *c* ebenso aufgenommen und dadurch verstärkt werden, eine Empfindung von zwei gesonderten hellen Punkten resultiren können. Als Stütze dieser Annahme kann vielleicht die Bemerkung dienen, dass solche feine Objecte keineswegs constant distinct erscheinen, sondern bald ineinanderfliessen, bald gesondert hervortreten.

V. Beziehungen zwischen dem Raumsinne und Lichtsinne.

§. 19. Unter denselben Bedingungen, wie die farbigen Doppelquadrate, d. h. bei Lichtverminderung und bei Verminderung des Gesichtswinkels, habe ich auch schwarze und farbige Linien und Quadrate, die verschieden lang oder breit und verschieden weit von einander entfernt sind, untersucht. Da mir indess noch manche Beobachtungen über diese Objecte fehlen, so will ich dieselben, da ihre Darstellung etwas umständlich ist, hier übergehen, und nur das anführen, was ich bei den Jäger'schen *Tafeln* mit geschwächter Beleuchtung gefunden habe. Die Tafeln befanden sich in 1 *Mètre Entfernung* von der Lichtquelle und von meinem Auge. Sie wurden von einem Gehülfen gehalten und umgeschlagen.

Tabelle VI.

Oeffnung des Diaphragma.	Nummern der Jäger'schen Tafeln.	
	d. 5. 2. 61. Nachmittags $2^1/_2$ Uhr.	d. 23. 2. 61. Morgens 9 Uhr.
$^1/_4$ Ctm.	—	0
$^1/_2$ „	Nr. 20.	von 20 nur 1 grosses D.
1 „	„ 19 mangelhaft.	20 gut — 19 mangelhaft.
$1^1/_2$ „	—	19 gut — 18 gut — von 17 nur den Anfang.
2 „	„ 18 — 17.	17 und 16.
$2^1/_2$ „	—	15 sehr mangelhaft.
3 „	„ 16.	15 gut — 14 einzelne Buchstaben.
$3^1/_2$ „	—	14 ziemlich gut.
4 „	„ 15 — 14.	13 kaum einzelne Worte.
$4^1/_2$ „	—	13 mangelhaft.
5 „	„ 13.	13 gut.
6 „	„ 13.	12 einzelne Worte.
7 „	„ 12 einzelne Worte.	12 mangelhaft.
8 „	„ 12.	12 — 11 — 10 den Anfang
9 „	„ 11 und 10.	10 einzelne Worte.
10 „	„ 10.	10.
15 „	„ 9 mangelhaft.	9 — mangelhaft.
20 „	„ 9 gut.	8 — 7 gut — 6 nur den Anfang.

Wenn man bedenkt, ein wie complicirter Act das Lesen ist, wird man die Uebereinstimmung zwischen den beiden Tagen genügend finden; am ersten Tage war die Beleuchtung des Himmels weniger gut, als an dem zweiten Versuchstage. Weitere Versuche hab

ich mit den Jäger'schen Tafeln nicht angestellt. Ueberrascht hat mich bei diesen Beobachtungen die scharfe Grenze, welche durch die Beleuchtungsintensität gesetzt wird: dass ich die eine Schriftprobe bei einer gewissen Beleuchtung ganz gut lesen, nicht etwa zusammenbuchstabiren konnte, und von der nächsten Nummer der Schriftproben kaum einzelne Buchstaben, mitunter auch gar nichts erkannte. Eine geringe Erweiterung der Oeffnung des Diaphragma genügte alsdann, um eine kleinere Schrift erkennen zu lassen. Bei dieser Regelmässigkeit des Fortschreitens und dieser sehr bestimmt auftretenden Relation zwischen Lichtmenge und Gesichtswinkel scheinen mir die Jäger'schen Tafeln sehr geeignet, als *Photoskop* zu dienen. Zunächt werden sie als solches dienen können, damit man eine Vorstellung von dem Verhältnisse des Raumsinnes zu dem Farbensinne bekommt durch Vergleich von Tabelle VI mit Tabelle II. Sie werden ferner nach Förster's Vorgang dazu benutzt werden können, Relationen zwischen künstlichen und natürlichen Beleuchtungen, z. B. den Beleuchtungsgraden im finstern Zimmer und der Intensität des Mondlichtes, des Lampenlichtes und Mondlichtes u. s. w. zu kennzeichnen. Dann werden sie dazu dienen können, den Einfluss farbiger Beleuchtung oder des Sehens durch farbige Gläser im Vergleich mit weissem Lichte zu bestimmen, eine Aufgabe, auf die mich mein hochverehrter Freund Lothar Meyer zuerst aufmerksam gemacht hat. Derselbe hat mir auch mitgetheilt, dass Farbenblinde durch Vorhalten eines rothen Glases im Lesen viel mehr beschränkt werden, als Leute mit normalen Augen. So wie jetzt die Ophthalmiatriker die Verbesserung oder Verschlechterung eines Auges oder den Zustand eines Auges nach Nummern der Jäger'schen Tafeln ausdrücken, so wird für ein normales Auge ein farbiges Glas u. s. w. durch die Nummern der Jäger'schen Tafeln bezeichnet werden können.

Zu der Tabelle VI habe ich noch zu bemerken, dass ich im verbreiteten Tageslichte bei hellem Himmel in der Entfernung von 1 Mètre No. 5 noch gut, No. 4 nur mangelhaft lesen, von No. 3 nur einzelne Worte erkennen kann.

VI. Hervorbringung von Farbennüancen nach Masson's Princip und Beobachtungen darüber im verbreiteten Tageslichte.

§. 20. Wenn es sich darum handelt, die Grenzen der Farbenwahrnehmung zu bestimmen, so kann es nicht genügen, die Lichtintensität von Pigmenten zu vermindern, oder den Gesichtswinkel einer farbigen Fläche zu verkleinern: es giebt auch eine Veränderung der Farben, welche durch *Mischung mit Weiss oder Schwarz* hervorgebracht wird, und auch hier muss es eine Grenze geben, wo die Farbe so verdünnt wird, dass sie von Weiss oder Schwarz nicht mehr unterschieden werden kann. Wenn wir einen Tropfen Indigolösung zu einem Cubikmeter Wasser mischen, so können wir keinen Unterschied mehr zwischen diesem Wasser und gewöhnlichem Wasser hinsichtlich seiner Farbe finden. Können wir eine Methode finden, um eine solche Grenze mit Sicherheit zu bestimmen, so bekommen wir dadurch ein Mittel, das Weber-Fechner'sche psychophysische Gesetz auch für Farben zu prüfen, was bisher noch nicht geschehen ist. Es giebt aber eine Methode, nicht allein eine solche Grenze zu bestimmen, wo die Farben so mit Weiss verdünnt werden, dass sie von demselben nicht mehr unterschieden werden können, sondern auch *alle möglichen Farbennüancen so zu bilden, dass der Antheil der Farbe und des Weiss durch Zahlen ausgedrückt werden kann.*

Diese Methode ist nur eine kleine Modification der sehr glücklichen Erfindung von Masson, alle mögliche Nüancen von Grau hervorzubringen mittelst einer schnell rotirenden weissen Scheibe, auf welcher ein Sector von x Graden schwarz ist (Masson, *Études de photométrie électrique* in den *Annales de Chimie et de Physique, 3me série,* T. XIV, 1845, p. 129, und im Auszuge in Fechner, Psychophysisches Gesetz, Leipziger Abhandlungen 1858, p. 473, und in Fechner's Psychophysik I, p. 152). Statt eines schwarzen Sectors klebte ich einen Sector von farbigem Papiere auf, und so konnte ich durch verschiedene Grade, die ich dem Sector gab, die verschiedensten Nüancen von einer Farbe hervorbringen.

Fig. 4 zeigt eine solche Masson'sche Scheibe. *a* ist ein Theil eines Sectors, der bei schneller Rotation der Scheibe vermöge der Nachdauer des Gesichtseindrucks *(à cause de la persistance de la sensation)* einen gleichmässigen Kranz *(couronne)* bildet. Giebt man dem Sector verschiedene Grade, z. B. 60°, so bekommt man eine Nüance von $^{60}/_{360} = {}^{1}/_{6}$ einer Farbe, von $10° = {}^{1}/_{36}$ u. s. w.

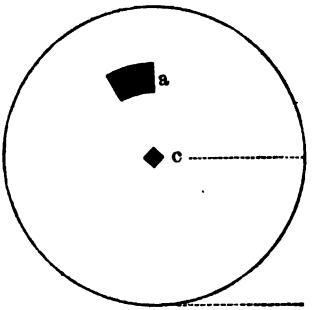


Fig. 4.

Meine Scheiben waren von sehr ebener Holzpappe, auf beiden Seiten mit möglichst weissem Papier beklebt. Sie hatten einen Halbmesser von 1 Decimeter, der farbige oder schwarze Sectorabschnitt hatte eine radiale Breite von 23 Mm. und war mit seiner centralen Grenze 40 Mm. von dem Centrum entfernt, Verhältnisse, die übrigens zufällig und vielleicht gleichgültig sind, und nur wegen meines Transporteurs so genommen wurden. Die Anzahl der Grade der Sectoren betrug 60^0, 30^0, 15^0, 10^0, 5^0, 3^0, 2^0, 1^0, so dass ich also Nüancen von $^{1}/_{6}$, $^{1}/_{12}$, $^{1}/_{24}$, $^{1}/_{36}$, $^{1}/_{72}$, $^{1}/_{120}$, $^{1}/_{180}$ und $^{1}/_{360}$ bekam. Die Sectoren waren Schwarz, Roth, Orange, Gelb, Grün und Blau, so dass ich also 48 Scheiben habe. Die farbigen Papiere müssen matt und sehr sorgfältig aufgeklebt sein; diese matten Farben sind sehr empfindlich gegen Reibung; ich bewahre deshalb die Scheiben in einem, nach Art der älteren mikroskopischen Präparatenkästchen eingerichteten Kasten auf.

§. 21. Es ist wichtig, die Scheiben so an dem Drehapparat befestigen zu können, dass man sie nur am Rande oder im Centrum zu berühren braucht; dann muss man sie schnell ab- und anstecken können; endlich ist es vortheilhaft, und für manche Zwecke nothwendig, mehrere Scheiben in Rotation gleichzeitig neben einander beobachten zu können. Diesen Forderungen habe ich auf folgende Weise genügt: Um das Centrum einer jeden Scheibe wurde ein kleines Viereck gezeichnet, dessen Mitte genau mit dem Mittelpunkt der Scheibe zusammenfiel, und dasselbe mittelst eines Locheisens ausgeschlagen, so dass ein viereckiges Loch (Fig. 4 *c*) entstand. In dieses Loch passt

genau der viereckige Rand eines Messingstückes, in Fig. 5 mit *g* bezeichnet, welcher so breit ist, wie die Scheibe dick ist, so dass, wenn

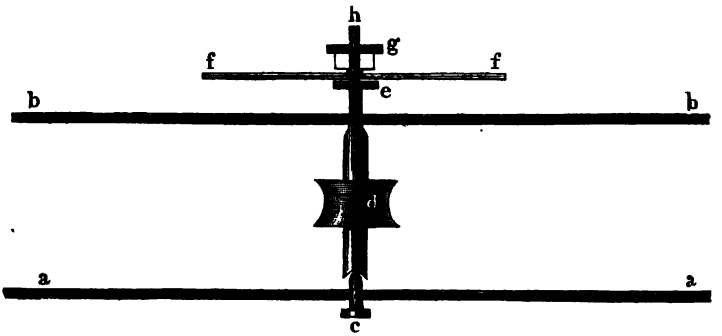


Fig. 5.

man diesen Rand in das Loch der Scheibe steckt, die Scheibe darauf fest sitzt; nun wird das Messingstück *g*, welches in der Mitte durchbohrt ist und einen Schraubengang hat, mit der Scheibe auf die Schraube *h* geschraubt, wobei die Trägheit der Pappscheibe *ff* sehr günstig wirkt. Damit die Scheibe in einer Ebene rotire, wird sie gegen die kleine Messingscheibe *e* gedrückt. Diese ist an der Welle des Rades *d* befestigt. Diese Welle von Messing geht vorn in einem Loche der Eisenschiene *b b*, hinten wird gegen ihr Centrum der stellbare Stift *c*, welcher in der hinteren Eisenschiene *a a* eingeschraubt ist, gedrückt. Ueber das Rad *d* geht eine Darmsaite. Dergleichen Räder mit Wellen sind nun zwischen den Eisenschienen *a a* und *b b* fünf angebracht, so dass die fünf Scheiben gleichzeitig in eine gleich schnelle Rotation versetzt werden können. Fig. 6 zeigt den Apparat mit den Scheiben, der als Schnur dienenden Darmsaite und dem mit einer Kurbel versehenen Rade, welches von einem Gehülfen gedreht wird. Der Halbmesser des grossen Rades mit der Kurbel verhält sich zu dem der kleinen Räder *d*, Fig. 5, wie 10 zu 1. Die wenigen dem Beobachter sichtbaren Theile des Apparates sind geschwärzt; hinter dem Apparate sind schwarze Pappschirme aufgestellt. —

Dieser Apparat genügt den Anforderungen vollkommen. Die Kurbel wird von einem Gehülfen gedreht und die Scheiben rotiren

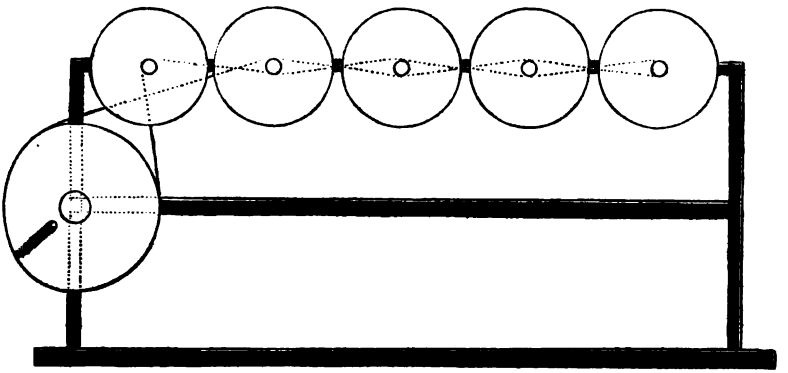


Fig. 6.

mit einer wegen ihres Trägheitsmomentes sehr gleichmässigen und so grossen Geschwindigkeit, dass der Kranz, welcher durch den farbigen Sector gebildet wird, vollkommen homogen erscheint und keine Spur der von Plateau beschriebenen hellen und dunkeln radialen Streifen zeigt. Eine nähere Bestimmung der Rotationsgeschwindigkeit schien mir überflüssig. Noch sei bemerkt, dass man in den verschiedenen Versuchsreihen keine grosse Verschiedenheit in der Geschwindigkeit zu befürchten hat. Experimentator und Gehülfe finden bald einen gewissen Ton heraus, der bei den Drehungen erreicht werden muss: bevor dieser Ton nicht da ist, wird nicht beobachtet.

§. 22. Zuerst wurden nun Beobachtungen in diffusem Tageslichte in der Weise angestellt, dass ich selbst die Scheiben ansteckte und nachdem dieselben ihre gehörige Geschwindigkeit erlangt hatten, zusah, wie sich die Farbennüancen darstellten. Es zeigte sich Folgendes:

Roth 60^0 und 30^0 erschienen nur heller, 15^0 neigt schon stark zu Grau, 10^0 grau mit röthlichem Teint, 5^0 mehr grau, Spur von roth, 3^0 grau mit röthlichem Stich oder ganz grau, 2^0 unbestimmt, $1^0 = 0$. *Orange* erscheint von 60^0 bis 30^0 immer farbig, aber auch immer überwiegend roth, 2^0 unbestimmt, $1^0 = 0$. *Gelb.* Von 60^0 bis 3^0 immer gelb, nicht grau, 2^0 unbestimmt oder 0, $1^0 = 0$. *Grün* 60^0 und 30^0 reines Grün, 15^0 etwas grau, 10^0 überwiegend grau, 5^0 grau mit grünlich-gelblicher Nüance, 3^0 graugelblich, 2^0 unbestimmt, $1^0 = 0$. *Blau* 60^0 schön violett, 30^0 ebenso, aber etwas grau, 15^0 noch mehr grau, mit röthlich-bläulicher Nüance, 10^0 grau

mit violettem Schimmer, 5° grau mit schwach röthlichem Scheine, 3° sehr mattes Grau mit kaum röthlichem Scheine, 2° unbestimmt, 1° = 0. *Schwarz* 60° grau mit röthlich-gelbem Anflug, 30° grau mit grünlich-gelbem Anflug, 15° grau mit röthlichem Anflug, 10° ebenso, 5° grau mit bläulichem Anflug, 3° sehr matt, 2° nicht zu bestimmen, ob ein Kranz da ist oder nicht, 1° = 0.

Es war mir sehr interessant, nachdem ich kürzlich diese Beobachtungen angestellt hatte, einige Bestimmungen der nämlichen Scheiben zu finden, die ich *vor zwei Jahren,* d. 23. 2. 59., gemacht hatte, bald nachdem mir Masson's Untersuchungen aus Fechner's „Psychophysischem Gesetz" bekannt geworden waren. Ich führe sie bei der Unsicherheit, die Farbenbestimmungen zu haben scheinen, wörtlich an; dasselbe ist übrigens mit den obigen Angaben geschehen, bis auf einige Zusammenziehungen.

Orange 30° deutlich orange, 15° deutlich farbig, mehr in's Röthliche ziehend, 10° ebenso, 5° nur eine Spur röthlicher Färbung, scharf begrenzt; 3° noch zu unterscheiden, aber nur eine Spur röthlich.

Roth 30° rosa, etwas in's Violette ziehend, 15° sehr deutlich, aber mehr grau, nur wenig röthlich, 10° weniger scharf contrastirend, aber mehr röthlich, 5° kaum noch eine Spur von Roth, 3° grau, indess doch noch mit einer röthlichen Nüance.

Blau 30° mehr violett als blau, 15° matt graublau mit röthlicher Nüance, 10° grau, etwas violett, 5° grau, 3° grau.

Grün 30° deutlich grün.

Die Uebereinstimmung scheint mir so gross, als sie bei einem so heiklen Dinge nur irgend erwartet werden kann, und ist mir bei dem Misstrauen, dessen ich mich bei meinen Beobachtungen nie erwehren kann, eine Art von Beruhigung gewesen.

§. 23. Es zeigt sich die eigenthümliche Erscheinung, dass *manche Farben bei starker Verdünnung mit Weiss den specifisch farbigen Eindruck nicht mehr hervorbringen, sondern mehr grau erscheinen,* Schwarz mit Weiss gemischt dagegen einen nicht rein grauen, sondern ein wenig farbigen Teint annimmt. Vielleicht beruht das Grauerscheinen der Farbennüancen nur auf einer *Contrastwirkung,* indem die Farbe wegen ihrer Verdünnung nur einen schwachen Eindruck macht, über-

haupt aber eine Verschiedenheit in der Helligkeit zwischen dem Weiss der Scheibe und dem Kranze hervortritt; solche Helligkeitsunterschiede fassen wir dann zunächst als grau auf. Das Grau farbiger Kränze würde in Parallele zu stellen sein mit dem Dunkel- oder Schwarzerscheinen sehr kleiner farbiger Quadrate auf weissem Grunde; auch hierbei macht sich eine starke Contrastwirkung geltend; denn Farbenquadrate auf Weiss erscheinen mit Abnahme des Gesichtswinkels immer dunkler und endlich ganz schwarz, oder eigentlich farblos durch den Contrast. — Dass die aus Schwarz und Weiss gewonnenen Kränze ein wenig farbig erscheinen, ist vielleicht durch physikalische Vorgänge bedingt, würde aber auch darauf zurückzuführen sein, dass uns jedes Grau einen nicht rein grauen, sondern einen etwas farbigen Eindruck macht (cf. Fechner, Poggend. Ann. Bd. 45, 1838, p. 227). Dass ferner Orange und Gelb immer farbig erscheinen, stimmt damit überein, dass auch kleine Quadrate auf Weiss immer farbig, niemals schwarz oder grau erscheinen, und nur in ihren Nüancen sich ein wenig ändern. Wie Orange unter kleinstem Gesichtswinkel roth erscheint, so finden wir auch hier das Roth gegen das Gelb überwiegend, so dass der Teint röthlich wird.

Alsdann scheint es mir der Beachtung werth, *dass die Farben in ebenso starker Verdünnung noch erkannt werden können, als Schwarz.* Von Schwarz muss doch *ceteris paribus* weniger Licht in das Auge gelangen, als von irgend einer Farbe, es muss also stärker gegen Weiss contrastiren. Nehmen wir an, von Schwarz komme gar kein Licht in das Auge, so würde sich der Contrast des Kranzes zur Scheibe stellen, wie $360^0 - n^0$ zu 360^0, wenn n die Zahl der Grade des Sectors bedeutet. Wenn aber von Roth nur xmal weniger Licht in das Auge kommt, als von Weiss, so bekommen wir als Differenz der Scheibe und des Kranzes für Roth $360^0 - n\left(1 - \frac{1}{x}\right) : 360$; also wenn $n = 3$ und $x = 6$ gesetzt wird (d. h. für den rothen Sector von 3^0), $= 360 - 3\,(1 - \frac{1}{6}) : 360 = 357{,}5 : 360$, was von $\frac{357}{360}$ d. h. dem Verhältniss der Helligkeit für den Kranz des schwarzen Sectors zu der Helligkeit des Scheibengrundes nur wenig abweicht. Wenn man aber die Helligkeit des sehr hellen Gelb $= \frac{3}{4}$ der Helligkeit des Weiss setzt, so bekommt man für den Kranz des

gelben Sectors von $3^0 = 360 - 3\ (1 - \frac{2}{3}) = 359$; so dass also bei dieser Annahme ein gelber Sector von 3^0 einem schwarzen Sector von 1^0 gleich zu setzen sein würde. Ein Kranz mit einem schwarzen Sector von 1^0 ist aber nicht mehr wahrnehmbar, während der Kranz des Sectors von 3^0 Gelb mit Sicherheit wahrgenommen wird. Die Zulässigkeit dieses Schlusses wird dadurch noch erhöht, dass der Helligkeitscoëfficient für Gelb $= \frac{2}{3}$ eher zu klein, als zu gross angenommen sein dürfte. Es ist also nicht die Wirkung der geringeren Helligkeit einer Farbe, wodurch sie sich in der stärksten Verdünnung von der Umgebung unterscheidet, sondern die besondere Wirkung, die sie, abgesehen von ihrer Helligkeit, als Farbe besitzt.

Die Unterscheidbarkeit des Kranzes ist bei gleichem Sector individuell verschieden. Masson sagt p. 151: *En essayant différentes vues, j'ai trouvé, que pour celles, que l'on considère comme faibles, la sensibilité a varié de* $^1/_{50}$ *à* $^1/_{70}$. *Elle a été de* $^1/_{80}$ *à* $^1/_{100}$ *pour les vues ordinaires et pour les bonnes vues de* $^1/_{100}$ *à* $^1/_{120}$ *et au-delà.* Meine Augen würden darnach zu den für Unterschiede empfindlicheren gehören, denn 3^0 oder $^1/_{120}$ habe ich noch erkennen können. Darüber werden wir sogleich Genaueres mittheilen.

Vorher muss ich indess noch einer eigenthümlichen Erscheinung bei langsamer Drehung der Scheiben gedenken. Wenn sich die Scheiben etwa 5- bis 10mal in der Secunde umdrehen, so sieht man an dem Kranze Complementärfarben auftreten. Dasselbe ist unter etwas anderen Umständen schon von Dove beobachtet worden an Scheiben, welche mittelst einer farbigen Fläche, deren Umfang eine Archimedische Spirale ist, gleichzeitig sämmtliche Farbennüancen erzeugen (Dove, Darstellung der Farbenlehre und optische Studien, 1853, p. 281. Diese Figuren sind zuerst von Fechner angewendet worden, um alle Abstufungen von Grau zu erhalten. Poggendorff's Ann. Bd. 45, 1838, p. 227). Wenn eine solche Erzeugung von Nachbildern auch beim schnellen Drehen einträte, was nicht nachzuweisen ist, so würde sich daraus vielleicht das Grauerscheinen sehr verdünnter Farben erklären lassen (s. unten §. 26).

§. 24. Um nun die Grenze festzustellen für die Verdünnung, in welcher Farben noch erkannt werden können, mussten die Ver-

iche in einer andern
eobachter nicht wissen.
urden daher
d erst wenn die
fort, was ich auf den
runter geschrieben.
rösse und Farbe
n die Sicherheit und Zu
stellen. eine
gestellt.
sehen.
n. — Es
liede Fehler.
den es sich darum handelt
rden
n. Um
0 zu
nd.
n.
n Schwimmen
, es wird

Scheibe einen Kranz zu haben scheint, kurz die einzelnen Beobachtungen werden ungleiche Resultate geben. Diese, allen Sinnesbeobachtungen anhaftende Schwierigkeit wird nun theilweise oder ganz gehoben durch Fechner's *Methode der richtigen und falschen Fälle,* und zwar wird sie um so mehr gehoben, je grösser die Anzahl der Fälle ist, welche unter möglichst wenig variirenden Bedingungen gewonnen worden sind (Psychophysik I, 93 sq.). Fechner hat es bei seinen Gewichtsversuchen zu kolossalen Zahlen gebracht; es scheint mir bei dem Aufwande von Zeit, der zur Erreichung solcher Zahlen erforderlich ist, nicht wahrscheinlich, dass eine nur annähernd ähnliche Ausführung für die übrigen Sinnesgebiete bald folgen wird, so dass ich mich nicht scheue, mit der kleinen Zahl von 10 Fällen für jede Scheibe dieser Methode meine Huldigung darzubringen.

§. 25. Da sich bald herausstellte, dass ein Sector von 5° deutlich erkannt und auch seine Farbe bestimmt werden konnte, so sind mit jeder dieser Scheiben nur 5 Versuche gemacht worden, für 1°, 2°, 3° aber je 10 Versuche. Die nächste Tabelle ist bestimmt, zu zeigen, wie oft ein Kranz gesehen wurde unter 10 Fällen; das bedeuten die Zahlen. Es wird also von den Farben abgesehen.

Tabelle VII.

	Schwarz.	Roth.	Orange.	Gelb.	Grün.	Blau.
1°	3	2	1	2	1	1
2°	5	1	8	5	8	6
3°	9	10	10	8	9	10

Die Bedeutung dieser Zahlen wird wesentlich dadurch geändert, dass bei Anwendung der *weissen Scheibe* in den Versuchen *13mal richtig* angegeben wurde, dass nichts zu sehen sei, *6mal dagegen etwas gesehen wurde, ohne dass etwas da war,* und zwar wurde 3mal grünlich angegeben, 2mal gelblich und 1mal grünlich-gelblich. Reducirt man diese 19 Fälle auf 10 Fälle, so bekommt man 7 richtige und 3 falsche Angaben. Das sind nun gerade so viele falsche Angaben, als bei 1° Schwarz richtige Angaben, es sind mehr falsche als richtige

Angaben für die übrigen Farben, so dass man wohl schliessen kann, $^1/_{360}$ Schwarz oder einer Farbe sei absolut nicht wahrgenommen worden.

Für 2^0 oder $^1/_{180}$ stellt sich das Verhältniss der richtigen und falschen Fälle, mit Berücksichtigung der Resultate der weissen Scheibe, aber so, dass, ausser für 2^0 Roth, die Zahl der richtigen Fälle positiv bleibt, und für Orange und Grün die Hälfte der Fälle richtig sein würde. Hier stellt sich recht deutlich heraus, wie Recht Fechner hat, wenn er grosse Zahlen von Versuchen verlangt: die Zahl meiner Versuche ist offenbar zu gering. *Bedauerlich ist aber immerhin das allgemeine Facit derartiger Versuche, dass man nämlich nicht unmittelbar wahrnimmt, sondern erst ausrechnen muss, ob man etwas sieht, oder nicht.*

§. 26. Besondere genauere Angaben sind aber nun noch in Betreff des Farbigerscheinens der Sectoren zu liefern, was aus der folgenden Tabelle ohne Weiteres klar werden wird.

Tabelle VIII.

	$1^0 = {}^1/_{360}$.	$2^0 = {}^1/_{180}$.	$3^0 = {}^1/_{120}$.
Schwarz	7mal nichts 2mal unbestimmt 1 mal gelblich	5mal nichts 4mal unbestimmt 1mal gelblich	1mal nichts. 4mal grau. 5mal grünlich.
Roth	8mal nichts 1mal unbestimmt 1mal gelblich	9mal nichts 1mal unbestimmt —	— 4mal unbestimmt. 6mal röthlich.
Orange	9mal nichts — 1mal gelblich	2mal nichts 3mal unbestimmt 5mal röthlich	— 1mal mattes Grün. 9mal röthlich.
Gelb	8mal nichts 1mal unbestimmt 1mal gelblich	5mal nichts — 5mal gelblich	2mal nichts. — 8mal gelblich
Grün	9mal nichts — 1mal gelblich	2mal nichts 3mal gelblich 5mal grünlich	1mal nichts. 1mal unbestimmt. 8mal grünlich.
Blau	9mal nichts 1mal gelblich — —	4mal nichts 4mal grau 1mal grünlich 1mal bläulich	— 4mal grau. — 6mal bläulich.
Weisse Scheibe	13mal nichts, 3mal grünlich, 2mal gelblich, 1mal grünlich-gelblich.		

Im Vergleich zu der vorigen Tabelle VII finden wir einen grossen Unterschied zwischen der Zahl der Fälle, in denen überhaupt ein Kranz wahrgenommen wurde, und der, wo derselbe farbig erschien, oder, um Fechner's Terminologie zu folgen: wir finden einen Unterschied zwischen dem Schwellenwerthe der Helligkeitsunterscheidung von dem der Farbenempfindung. So ist Roth 3° nur 6mal röthlich erschienen, oder als röthlich beurtheilt worden, in 4 Fällen aber unbestimmt, aber doch als etwas erschienen. Damit ist es auch ganz im Einklange, dass es in meinem, etwa anderthalb Jahre vorher gemachten Protokolle heisst: 3° Roth noch zu unterscheiden, aber nur eine Spur röthlich. Bei Orange 2° in 5mal röthlich notirt, 3mal unbestimmt, und bei Orange 3° findet sich 1mal die ganz wunderbare Angabe: „mattes Grün." Ein Fehler in der Notirung liegt nicht zu Grunde; daher bin ich Fechner's sehr richtigem Grundsatze gefolgt, „dass es weder Princip noch Grenze hat, ungewöhnliche Beobachtungswerthe als Fehler auszuschliessen", und habe, wie in meinen früheren Arbeiten, auch hier keinen scheinbar nicht passenden Beobachtungswerth unterdrückt. Gelb ist dagegen bei 2° und 3° immer nur als Farbe oder gar nicht gesehen worden. Grün 2° ist 3mal gelblich erschienen, was nicht so auffallend ist, da es auch bei 3° und 5° einen stark gelben Stich hatte. Dass aber unter Blau 1° 1mal gelblich notirt ist, könnte wieder als ein aus der Reihe fallender Beobachtungswerth aufgefasst werden; indess komme ich darauf noch sogleich (§. 27) von einer andern Seite her zurück. Blau 2° erschien 4mal als ein Kranz, aber nicht blau, und Blau 3° eben so oft; dass Blau 2° einmal grünlich erschien, ist bei der grossen Unbestimmtheit der Farbe des Kranzes nicht auffallend.

Im Ganzen können wir aus dieser Tabelle den Schluss ziehen, dass *die Farben bei ihrer stärksten eben noch bemerkbaren Verdünnung mit Weiss aufhören, den specifischen Eindruck der Farbe zu machen.* Dieser Satz gewinnt an Interesse, wenn wir ihn mit den in §. 10 und 15 erhaltenen Resultaten zusammenstellen, wo ein Verschwinden der *Färbung* eines Objectes bei sehr kleinem Gesichtswinkel oder bei verminderter Beleuchtung beobachtet wurde, während das Object selbst als dunkel oder hell mit seiner Umgebung contrastirend sichtbar blieb

Worauf beruht das? Bei sehr kleinem Gesichtswinkel einer farbigen Fläche könnte man es als eine Wirkung des Contrastes ansehen, dass dieselben farblos erscheinen, und dafür spricht das Dunklerwerden derselben auf weissem und das Hellerwerden auf schwarzem Grunde. Bei Abschwächung der Beleuchtung würde die Menge der farbigen Strahlen zu gering sein müssen, um noch eine Farbenempfindung hervorzubringen, während die Helligkeit noch genügte, um einen Contrast zwischen dem farbigen Object und der Umgebung auf der Retina hervorzurufen. In dem letzten uns jetzt beschäftigenden Falle muss man, wie mir scheint, an das Auftreten von Nachbildern bei langsamem Drehen der Farben denken, welche für einen andern demnächst zu besprechenden Umstand gleichfalls wesentlich sein dürften. Nachbilder treten in unzähligen Fällen auf und modificiren die Erscheinungen, ohne dass sie als solche wahrgenommen werden. So zeigen mir Versuche, mit deren weiterer Verfolgung ich beschäftigt bin, dass, wenn man auf einer schwarzen Scheibe einen rothen Sector von dem Radius der Scheibe und von etwa 90° Bogen mit einer Geschwindigkeit von etwa 10 Umdrehungen in der Secunde rotiren lässt, die Scheibe nicht einen rothen, sondern einen grünen Ueberzug bekommt. Machen wir die Annahme, dass bei einer schnelleren Rotation sich auch noch das Nachbild geltend macht, so würde das Roth durch gleichzeitiges Auftreten des bläulich-grünen Nachbildes jedenfalls an Intensität der Farbe verlieren, sich also dem Grau nähern. Grösse des Sectorbogens und Geschwindigkeit der Drehung werden dabei gewiss von Einfluss sein, so dass das Farbigerscheinen grösserer Sectoren kein Grund gegen diese Auffassung sein kann. Auch wird sich gewiss die eine Farbe der andern nicht ganz gleich verhalten, wie ja aus Dove's Untersuchungen an den farbigen Spiralen (Farbenlehre p. 282) wahrscheinlich wird, indem verschiedene Individuen bald von der einen, bald von der andern Farbe leichter Nachbilder bekamen. Vielleicht beruht die eigenthümliche Färbung der blauen Sectoren von 15° bis 60° auf der gleichzeitigen Mitwirkung des Nachbildes.

Die Tabelle bestätigt ferner den in §. 23 ausgesprochenen Satz, *dass die Farben in ebenso starker Verdünnung von Weiss unterschieden werden können, wie Schwarz,* indem bei 3° die Zahl der richtigen

Fälle zwischen 8 und 10 schwankt, und für Schwarz das Mittel, d
lich 9, beträgt. Warum dieses Verhalten auffällig ist, habe ich
§. 23 besprochen. Hier möchte ich dafür noch das Auftreten
Nachbilder geltend machen. Wenn nämlich das Roth ein complem
täres Nachbild erzeugt, so wird dasselbe wahrscheinlich heller s
als das Roth, aber nicht heller, als das umgebende Weiss, sond
dunkler; diese grössere Dunkelheit des Sectors, welche von dem N
bilde herrührt, wird zu dem gegebenen rothen Sector hinzuzurech
sein, es wird also ebenso sein, als ob der Sector um eine ge
Grösse zugenommen hätte. Schwarz dagegen erzeugt ein helles N
bild, welches unter Umständen heller sein kann, als das umgeb
Weiss; in diesem Falle wird die Helligkeit des Nachbildes der
kelheit des Sectors entgegenwirken, und es wird so sein, als ob
Sector kleiner wäre.

§. 27. Eine besondere Besprechung bedarf der Umstand,
auf der ganz weissen Scheibe mitunter ein Kranz erschienen
wenigstens angegeben worden ist, und zwar grünlich oder gel
Ein Schleudern der Scheibe oder irgend welche Unebenheit u.
habe ich an ihr nicht bemerken können; indess kommt es mi
dächtig vor, dass bei sämmtlichen Sectoren von 1^0 auch regel
1mal gelblich notirt gefunden wird. Ich bin, da ich bei Umdr
der Scheiben mit eingradigen Sectoren, wenn ich weiss, dass
ben angesteckt sind, nichts bemerken kann, sehr geneigt, dies
gabe von „gelblich" gerade unter die falschen Fälle, die A
„nichts" dagegen unter die richtigen Fälle zu zählen. Dann
die Frage, woher die falschen Angaben kommen, noch dring
Ich glaubte, dass dabei Nachbilder im Spiele sein könnten,
das Nachbild der einen Scheibe einen Kranz auf der andern b
da ich aber immer aus derselben Entfernung die Scheiben betra
so schien mir die Erklärung nicht befriedigend. Eben so wen
es mir scheinen, dass Nachbilder von grösseren Sectoren die f
Angaben veranlasst haben, da ja der primäre Eindruck von 3
5gradigen Sectoren sehr schwach sein muss. Dagegen kön
Täuschung wohl durch Erinnerungsbilder (s. Fechner, Psycho
II, p. 469) veranlasst werden. Ich gerathe nämlich, was wo

dern Beobachtern ebenso gehen wird, durch Untersuchungen dieser Art in eine gewisse innere Unruhe, eine gewisse Angst, aus der Reihe tretende Angaben zu machen, entweder zu viel oder zu wenig zu sehen. Eine solche Stimmung ist für Illusionen und Hallucinationen offenbar günstig, und der zweifelnde Physiologe ist seinen Scheiben gegenüber in derselben Lage, wie der erwartungsvolle Liebhaber auf dem Rendez-vous-Platze. Dieser hört Tritte, jener sieht Sectorenkränze, beide ohne objectives Substrat. Wenn man nun eben einen Kranz auf einer Scheibe gesehen hat, das Bild frisch in der Erinnerung ist, und man erwartet, wieder einen solchen Kranz zu sehen, und hat ausserdem nichts zu erwarten, als einen solchen Kranz oder nichts zu sehen: so wird die erwähnte Täuschung bei der grössten Gewissenhaftigkeit eintreten können. Die andere Seite, von der solche unrichtige Angaben herkommen können, hat Fechner (Psychophysik I, p. 75) angedeutet; er sagt: „Weder der erste Punkt, wo ein Empfindungsunterschied eben merklich wird, noch wo er verschwindet, lässt sich ganz genau bestimmen; *man geht durch ein Intervall des Zweifels durch, ob er merklich ist, oder nicht.*“ Es wird also darauf ankommen, welches Schema des Ebenmerklichseins man sich festsetzt, ob man die geringsten Grade desselben noch erfassen möchte, oder ob man sich nur an das ganz zweifellos Sichtbare hält. Die Methode der richtigen und falschen Fälle wird bei gehöriger Anzahl der Beobachtungen und übrigens Treue und Routine des Beobachters Auskunft über das Schema geben, was auch schon die Zahlen der Tabelle VIII thun. Je geringere Grade des Ebenmerklichseins man zu erforschen sucht, um so höher muss die Zahl der falschen Fälle werden. — Warum ich nun meist gelblich oder grünlich angegeben habe, ist mir freilich ganz räthselhaft; ich habe den Verdacht, dass hier das unbewusste Bestreben zu Grunde gelegen hat, den sehr matten Kranz des gelben Sectors nicht zu übersehen, obgleich ich damals noch gar keine Ahnung hatte, wie sich die verschiedenen Farben verhalten würden.

Uebrigens verweise ich in Betreff der Helligkeit der Farben auf §. 11 und bemerke nur noch, dass das, was ich hier mit Grün bezeichnet habe, dort mit Hellgrün bezeichnet ist. Sonst sind die Farben dieselben.

Ich bemerke noch, dass in den vorstehenden Beobachtungen die Unterschiedsempfindlichkeit nur insofern bestimmt worden ist, als es sich um Helligkeitsverhältnisse handelt; insofern es sich aber um Färbung handelt, ist die absolute Empfindlichkeit bestimmt worden.

VII. Beobachtungen der Farbensectoren bei verminderter Beleuchtung, mit besonderer Berücksichtigung des Weber-Fechner'schen psychophysischen Gesetzes.

§. 28. Wir haben in dem vorhergehenden Abschnitte eine Methode kennen gelernt, den geringsten Empfindungsunterschied, welcher zwischen Weiss und Farbe besteht, in Zahlen auszudrücken. Wir werden weiter zu untersuchen haben, *ob dieser Empfindungsunterschied bleibt, wenn die beiden Componenten desselben in gleichem Grade abgeschwächt werden,* d. h. mit Anwendung auf die Scheiben, wenn wir die Beleuchtung oder die Helligkeit der Scheiben und des Kranzes ändern. Masson hat in seiner oben erwähnten Arbeit (*Annales de Physique et de Chimie* 1845, Bd. 14, p. 151 und p. 152) diesen Punkt, wenn auch nur beiläufig, berücksichtigt; es heisst daselbst: *En faisant varier l'intensité de l'éclairement, j'ai trouvé que, quand il était suffisant pour qu'on pût facilement lire dans un in-octavo, la sensibilité ne variait pas pour un même individu. Ainsi, comme* Bouguer *l'avait reconnu, la sensibilité de l'oeil est indépendante de l'intensité de la lumière. J'ai fait varier de plusieurs manières la puissance du rayon lumineux réfléchi par le disque. J'ai pris la lumière d'une carcel placée à diverses distances du disque, l'éclairement par un temps sombre et couvert; j'ai opéré à la lumière diffuse après le coucher du soleil; j'ai employé la lumière solaire réfléchie par un héliostat et quelquefois j'ai rendu le faisceau divergent au moyen d'une lentille.* Darnach kann also das Licht bedeutend stärker und schwächer sein, als das diffuse Tageslicht, ohne dass eine Veränderung in dem Empfindungsunterschiede eintritt, wodurch also das Weber-Fechner'sche Gesetz bestätigt wird. Als aber Masson seine Scheiben durch farbige Gläser betrachtete, fand er, *que quelques-uns, le rouge par exemple, absorbaient une telle quantité de lumière, qu'on voyait difficilement la*

couronne. Dieser Versuch hat grosse Aehnlichkeit mit dem Fechner'schen Verfahren, die Lichtintensität zweier benachbarter, aber unterscheidbarer Wolkennüancen durch Vorhalten grauer Gläser vor das Auge in gleichem Verhältnisse abzuschwächen (Fechner, Psychophysisches Gesetz, p. 457). Fechner hat gefunden, „dass der Lichtunterschied bei seiner Abschwächung (durch graue Gläser) ein ungeändertes Verhältniss zu seinen in gleichem Verhältnisse abgeschwächten Componenten (den beiden Wolkennüancen) behalten hat", wodurch also das wichtige Gesetz im Allgemeinen festgestellt ist. Indess sagt er selbst p. 463: „Doch behaupte ich nicht nur nicht, dass seine Gültigkeit in's Unbegrenzte reicht; sondern es ist vielmehr gewiss, dass sie nicht in's Unbegrenzte reicht"; und p. 464: „Für jeden Lichtunterschied, wie stark er auch sei, wird sich ein Dunkelheitsgrad der Gläser finden lassen, wobei er verschwindet" ..... „also hat die Gültigkeit des Gesetzes ebensowohl ihre untere, als ihre obere Grenze."

Die untere Grenze dieses wichtigen psychophysischen Gesetzes im Gebiete der Licht- und Farbenempfindung zu bestimmen, ist der Zweck der folgenden Versuche; eine zweite Aufgabe wird es sein, den Grund dieser untern Grenze einer Prüfung zu unterwerfen.

§. 29. Zu den Versuchen wurde der Apparat mit den fünf Scheiben (s. Fig. 6) dem Diaphragma in dem finstern Zimmer gegenüber aufgestellt in einer Entfernung von etwa 1 Mètre. Daneben wurden die Scheiben in ihrem Kasten aufgestellt, und ich befestigte, nachdem das Auge für die Finsterniss genügend accommodirt war (s. oben §. 3), selbst die Scheiben im Finstern, so dass ich durchaus nicht wusste, welche Scheiben angesteckt wären; ich hatte wieder die weisse Scheibe ohne Sector unter die Scheiben mit Sectoren gebracht. Nun wurde die kleinste Oeffnung in dem Diaphragma hergestellt, die Scheiben durch den Gehülfen in ihre gehörige Rotation versetzt, und von mir beobachtet, was auf den Scheiben von Kränzen überhaupt, sowie von der Farbe der Kränze zu sehen war, und dasselbe notirt. Dann wurde die nächstgrössere Oeffnung des Diaphragma's eingestellt u. s. w., bis zur grössten, oder bis sämmtliche Scheiben in Bezug auf Sichtbarkeit und Farbe des Kranzes erkannt waren. Dann

wurde bei stillstehender Scheibe Farbe und Bogengrösse des Sectors notirt. — Darauf wurde das Diaphragma geschlossen, die Scheiben durch neue ersetzt, und zwar im Finstern, und nun die rotirenden Scheiben wieder beobachtet in der vorigen Weise. So wurden sämmtliche Scheiben durchgenommen bei den verschiedenen Beleuchtungsgraden. Ich habe an zwei hellen Vormittagen jedesmal diese Beobachtungsreihe vollständig durchgeführt, und ausserdem noch unvollständige Reihen gewonnen. Die Methode der richtigen und falschen Fälle habe ich daher hier nicht angewendet. Sie würde, um nur 10 Fälle für jede Scheibe bei jeder Oeffnung des Diaphragma zu liefern, über 5000 Einzelbeobachtungen erfordert haben. In Ermangelung dieser Methode glaube ich die Zuverlässigkeit der Versuche hervorheben zu müssen, die mir dadurch begründet scheint, dass ich erstens gar nicht wusste, welche Scheiben angesteckt waren, ich zweitens stets in Gefahr war, offenbar falsche Angaben zu machen, z. B. einen Sector von 3^0 zu erkennen und einen Sector von 5^0 und 10^0 nicht zu erkennen u. s. w., dass ich drittens nicht etwas Bestimmtes finden wollte, und überhaupt der ganzen Natur der Versuchsanstellung nach jede Absichtlichkeit meinerseits ausgeschlossen war. Die Zuverlässigkeit findet sich nun auch dadurch bestätigt, dass keine aus der Reihe fallenden Beobachtungen vorgekommen sind, dass ich die ganz weisse Scheibe stets mit 0 notirt habe, und dass die Beobachtungen der beiden Tage ziemlich mit einander übereinstimmen. — Dass ich indess die weissen Scheiben nie mit Sectoren gesehen habe, scheint mir zu beweisen, dass das subjective Schema der Erkennbarkeit in diesen Versuchen höher genommen war, als in denen des 6. Abschnitts, so dass die Versuchsreihen im verbreiteten Tageslichte mit denen in beschränkter Beleuchtung nur eine ungefähre Vergleichung gestatten. Die folgende Tabelle IX enthält die Aufzeichnungen von den beiden Vormittagen. Die Zahlen der vier letzten Columnen bezeichnen die Oeffnungen des Diaphragma's (die Seite des Quadrats), bei denen die in den beiden ersten Columnen aufgeführten Sectoren sichtbar wurden oder farbig erschienen.

Tabelle IX.

Sectoren.		d. 12. 2. 61.		d. 15. 2. 61.	
		sichtbar bei	farbig bei	sichtbar bei	farbig bei
Roth	60°	1/2	1	1/2	2
	30°	1/2	2	1/2	3
	15°	1/2	2	1/2	3
	10°	2	4	2	10
	5°	3	—	4	—
	3°	4	—	10	—
Orange	60°	1/2	1/2	1/2	1
	30°	1/2	1/2	1/2	2
	15°	1	3	1/2	2
	10°	2	3	1	3
	5°	2	5	3	10 ?
	3°	—	—	—	10 ?
Gelb	60°	1/2	1	1/2	2
	30°	1/2	1	1/2	3
	15°	1/2	3	2	4
	10°	3	3	20	20
	5°	—	20 ?	20 ?	20 ?
	3°	—	—	—	—
Grün	60°	1/2	3	1/2	(3) 10
	30°	1/2	4	1/2	(4) 10
	15°	1/2	4	1/2	(5) 20
	10°	1	4	1/2	(5) 20
	5°	2	4	4 ?	—
	3°	4	10	—	—
Blau	60°	1/2	1/2	1/2	2
	30°	1/2	1	1/2	3
	15°	1/2	5	1/2 ?	3
	10°	1/2	0	1	20
	5°	3	10 ?	2	20
	3°	10	—	10 ?	—
Schwarz	60°	—		1/2	
	30°	1/2		1/2	
	15°	1/2		1/2	
	10°	1/2		1/2	
	5°	1		2	
	3°			—	

Zu dieser Tabelle ist noch zu bemerken, dass ich die Sectoren von 1^0 und 2^0 nicht erst angeführt habe, weil sie immer ohne Kranz erschienen; dass ferner die weisse Scheibe 4mal angesteckt worden, und immer = 0 notirt worden war; dass ferner an dem Tage, wo die erste Beobachtungsreihe gewonnen wurde, Schnee lag, wodurch die Helligkeit draussen vermehrt wurde, am zweiten Tage aber nicht, indess war heller Himmel. Die Zahlen mit Fragezeichen bedeuten, dass ich in meinem Urtheile schwankend war; die eingeschlossenen Zahlen unter Grün, dass dasselbe bei der Oeffnung, die eben diese Zahlen anzeigen, zwar farbig, aber unbestimmt bläulich-grünlich erschien, und erst bei der daneben stehenden nicht eingeschlossenen Grösse als grün erkannt wurde.

§. 30. Als allgemeines Resultat geht aus diesen Beobachtungen hervor, *dass Helligkeitsunterschiede geringen Grades nicht mehr empfunden werden können, wenn die Componenten in gleichem, aber hohem Grade abgeschwächt werden,* oder, *dass die untere Grenze des* Weber-Fechner'*schen Gesetzes in diesen Beobachtungen überschritten worden ist.* Denn Kränze, welche bei Tagesbeleuchtung oder auch nur bei hellerer Beleuchtung mittelst der Oeffnung im Diaphragma deutlich und sicher erkannt wurden, konnten bei Verkleinerung der Oeffnung weder als farbig, noch überhaupt wahrgenommen werden. Wären wir innerhalb der Grenze dieses Gesetzes geblieben, so hätten sämmtliche Sectoren von 3^0 bis 60^0 noch bei ($^1/_2$ Ctm.) Oeffnung sichtbar sein müssen; alle Zahlen der ersten und dritten Columne, welche grösser als $^1/_2$ sind, zeigen an, dass wir die Grenze überschritten haben, und solche Zahlen finden sich ebensowohl bei Schwarz, als bei sämmtlichen Farben. Namentlich sind 5^0 aller Sectoren nie bei ($^1/_2$ Ctm.)^2 Oeffnung als Kranz gesehen worden, und selbst 10^0 nur bei Schwarz und Blau. Hier mag es genügen, die Thatsache constatirt zu haben, die Besprechung des Grundes davon u. s. w. wird im nächsten Paragraphen folgen.

Als allgemeines Resultat für die Farbenempfindung ergiebt sich, dass, *je mehr die Farbe mit Weiss gemischt ist, eine um so grössere Lichtmenge erforderlich ist, damit sie als Farbe empfunden werde*

Diesen Satz bestätigt ein Blick auf die Tabelle; je kleiner die Zahlen für die Grade der Sectoren werden, um so grösser werden in der zweiten und vierten Columne die Zahlen für die Lichtquelle. Wenn wir damit die oben §. 13 und 15 mitgetheilten Beobachtungen vergleichen, so scheint der Satz, *dass zur Auslösung einer Farbenempfindung eine bestimmte Menge von Farbenstrahlen in das Auge gelangen muss, dieselben aber auf einen verschieden grossen Raum vertheilt sein können*, sich zu bestätigen. Wir haben gesehen, dass grosse farbige Flächen bei sehr geringer Lichtintensität eine Farbenempfindung hervorrufen, dass bei zunehmender Lichtintensität die Grösse der Fläche abnehmen kann bis zu einer sehr geringen Ausdehnung; nun sehen wir, dass eine gewisse Menge von Farbe auch über eine grosse Fläche ausgebreitet sein kann in der Weise, dass jeder einzelne Punkt der Fläche nur eine sehr geringe Menge farbiger Strahlen aussendet, und auch unter diesen Umständen eine bestimmte Menge von Farbenstrahlen für die Farbenempfindung gefordert wird, welche entweder durch Vergrösserung der farbigen Fläche oder durch Vermehrung der Lichtintensität beschafft werden müssen. Numerische Vergleichungen können unter den verschiedenen Versuchsreihen freilich nicht angestellt werden, indessen werden sich dazu geeignete Data, wie ich hoffe, durch eine geringe Abänderung des Versuches gewinnen lassen.

Lässt sich dieser Satz auch nicht streng durchführen, so erinnert er doch an eine ähnliche Erfahrung beim Temperatursinne: auch dort muss, je geringer die Temperaturdifferenz ist, um so grösser die Fläche der Haut sein, auf welche dieselbe einwirkt, ja, wie aus den neuesten Fick'schen Beobachtungen hervorgeht, können sehr beschränkte Hautflächen Temperaturen als solche gar nicht empfinden, sondern nur als eine Berührung überhaupt wahrnehmen. (Moleschott, Untersuchungen Bd. VII, p. 4.)

Es ist nun die Frage, ob wir es hier bei den farbigen Sectoren mit der Bestimmung der *absoluten Empfindlichkeit* oder der *Unterschiedsempfindlichkeit* (Fechner, Psychophysik I, 69) zu thun haben. Insofern eine Farbe immer eine andere Helligkeit, als der Grund, auf

dem sie sich befindet, hat, werden wir eine Unterschiedsempfindlichkeit zu bestimmen haben. Dass diese in der ersten und dritten Columne der Tabelle IX wirklich bestimmt ist, geht schon daraus hervor, dass bei einer Lichtintensität, bei der der Kranz von dem übrigen Theile der Scheibe unterschieden wurde, von einer Farbe desselben nichts zu bemerken war, mit Ausnahme von Orange 60° und 30°, sowie Blau 60°. — Wenn aber der Kranz farbig ist auf weissem Grunde, so kann von einer Unterschiedsempfindlichkeit der Farbe nicht wohl gesprochen werden; um diese zu bestimmen, müssten verschieden grosse Sectoren aneinandergrenzende farbige Kränze bilden, oder Sectoren von gleicher Grösse und verschiedener Färbung. Für die Farben als solche haben wir also nur die absolute Empfindlichkeit bestimmt. — Wir gewinnen indess auch eine Bestimmung der Unterschiedsempfindlichkeit, wenn wir die Sectoren verschiedener Grösse untereinander vergleichen, in derselben Weise, wie bei *nach* einander aufgehobenen Gewichten; so lässt sich ein Sector Orange 10° sehr gut von einem Orange 5° unterscheiden, indess ist darauf in den Versuchen nur beiläufig geachtet worden.

Für die einzelnen Farben ergiebt sich, dass Orange am leichtesten als farbig erkannt wird, denn bei ihm differiren die Zahlen der ersten und dritten Columne am wenigsten von denen der zweiten und vierten Columne; dann folgt Gelb. Roth, Grün und Blau zeigen bei diesem Vergleiche grosse Verschiedenheiten nach dem Grade ihrer Verdünnung, so dass keine Regelmässigkeit herauszufinden ist. — Für Schwarz ist zu bemerken, dass die Kränze mitunter sehr stark farbig erscheinen; so sah z. B. Schwarz 30° bei (2 Ctm.)² röthlich, Schwarz 60° bis zu (2 Ctm.)² sehr stark bläulich, dann bis zu (10 Ctm.)² blau-röthlich aus.

§. 31. Wir haben nun noch die oben gefundene Abweichung von dem psychophysischen Gesetze Fechner's zu erörtern. Dass das Gesetz in grosser Ausdehnung gültig ist, scheint mir unzweifelhaft; dass für den Lichtsinn eine obere und untere Grenze existirt, also eine Sphäre, in der dasselbe nicht gilt, hat, wie oben bemerkt, Fechner selbst angegeben. Die erste Frage wird nun sein: Zeigt

sich diese Grenze nur bei dem Lichtsinne, oder auch bei andern Sinnen? Wir müssen zur Beantwortung dieser Frage zunächst die Grösse der Helligkeitsdifferenzen in unseren Versuchen berücksichtigen. Setzen wir die Oeffnung des Diaphragma's von $(^1/_2$ Ctm.$)^2 = 1$, so bekommen wir für die Oeffnung von (20 Ctm.)^2 die Zahl 1600; wie die Versuche mit den Jäger'schen Tafeln lehren, ist diese Helligkeit aber geringer, als die des diffusen Tageslichtes, die wir dann zu 2000mal grösser wohl annehmen können, als die der kleinsten Oeffnung. Diese Differenz ist nun sehr gross, und bleibt es auch, wenn ihr die Accommodation entgegenwirkt. Die in vieler Beziehung bewundernswerthen Gewichtsversuche Fechner's zeigen nur eine Differenz von 300 bis 3000 Grammen als Hauptgewichte, bei denen noch Zusatzgewichte von 4 % und 8 % in mehr als der Hälfte der Fälle richtig erkannt wurden. Für diese Breite gilt das Gesetz. Gilt es aber auch, wenn man das Hauptgewicht = 300 Milligramme macht und 12 oder 24 Milligramme als Zusatzgewicht nimmt? Befestige ich an einer kleinen Wagschale von Papier, die etwa 0,1 Gramm Gewicht hat, und die ich über den Zeigefinger der linken Hand hänge, ein Gewicht von 10 Grammen und lege als Zusatzgewicht 1 Gr. bei der einen Hebung darauf, und nehme es vor der nächsten Hebung herunter, so empfinde ich die Differenz deutlich; lege ich 0,5 Gr. auf die Wagschale und füge 0,1 Gr. hinzu, so bin ich immer zweifelhaft, bei welcher Hebung ich ein schwereres Gewicht bemerke; lege ich 0,05 Gr. als Zusatzgewicht abwechselnd auf, so spüre ich keinen Unterschied, auch wenn ich weiss, dass das Zusatzgewicht auffliegt. Lege ich auf die leere Wage, die ich beim Heben ganz gut fühle, 0,02 Gr., so kann ich auch keinen Unterschied bemerken. Dergleichen Versuche würden mit allen Vorsichtsmaassregeln massenhaft zu machen sein, um die Gültigkeit des Gesetzes für diese kleinsten wahrnehmbaren Gewichte definitiv zu entscheiden. Die vorläufigen Versuche machen mir seine Gültigkeit für sehr kleine Gewichte etwas zweifelhaft.

Die Versuche mit sehr kleinen (und sehr grossen) Gewichten wären sehr wichtig wegen der Erklärung, die Fechner für die Abweichung von dem Gesetze beim Lichtsinne gegeben hat. Nach

Fechner (Psychophysisches Gesetz p. 481, und Psychophysik I, p. 165 sq.) wird die untere Grenze des Gesetzes bedingt durch die Eigenschaft der Netzhaut, selbst Licht zu produciren. Durch dieses innere Licht werde das Verhältniss der Componenten verändert, indem *ihnen ein gleiches Plus zugefügt werde.* Bei grosser Helligkeit der Componenten sei die Hinzufügung des Plus nicht wesentlich, werde aber immer einflussreicher, je geringer die absolute Lichtintensität derselben werde. So kommt denn Fechner zu dem Satz: „Der Versuch kann die Gültigkeit des Gesetzes direct nur so lange beweisen, *als der Eindruck des inneren Lichtes gegen den des äusseren vernachlässigt werden kann,* oder als die Dunkelheit des äusseren Componenten sich der des Augenschwarz nicht nähert." — Liesse sich nun bei dem Drucksinne eine untere Grenze des Gesetzes nachweisen, so würde die Erklärung für die untere Grenze beim Lichtsinne durch das Augenschwarz an Gewicht verlieren; es würde das aber immer nur ein indirecter Gegengrund sein, und es würde erst nach einer Erklärung gesucht werden müssen, warum eine untere Grenze bei dem Drucksinne möglich ist, bevor man eine wirkliche Ausnahme von dem Gesetze statuirte.

Prüfen wir nun meine Versuche mit Bezug auf den Einfluss des Augenschwarz. Mein Augenschwarz stellt nur in den ersten Momenten, wo ich aus dem Hellen in das Finstere komme, ein über den grössten Theil des Gesichtsfeldes verbreitetes sehr dunkles Grau dar. Schon nach kurzer Zeit wird dieses Grau fast lichtlos, und wenn ich mir schwarzen Sammet lebhaft vorstelle, so finde ich eine grosse Aehnlichkeit zwischen diesem und meinem subjectiven Gesichtsfelde. Indess treten nun bei mir einzelne helle Punkte, kleine Nebel u. s. w. auf, die zu manchen Zeiten eine solche Intensität erreichen, dass sie lästig werden, und manche Versuche geradezu unmöglich machen. Eine absolute Lichtlosigkeit des ganzen Gesichtsfeldes kenne ich nicht. Bei den im zweiten Abschnitt besprochenen Versuchen über das Verschwinden lichtschwacher Objecte (§. 8) habe ich der subjectiven Lichtproduction als Ursache derselben erwähnt, und als Unterstützung dieser Ansicht das Verhalten der Nachbilder bei ruhiger Haltung des Auges angeführt. Nun hätte freilich während des Fixirens ein Heller-

werden des Gesichtsfeldes durch die innere Lichtproduction eintreten müssen, was ich nicht bemerkt habe; indess sind ja sehr allmälige Steigerungen einer Empfindung, wenn sie nicht einen hohen Grad erreichen, sehr geeignet, übersehen zu werden. *Ueber das Vorhandensein des Augenschwarz oder einer innern Lichtproduction überhaupt kann bei mir kein Zweifel sein.*

Ist nun in meinen Versuchen das Augenschwarz als der Grund anzusehen, dass geringe Lichtdifferenzen der Scheibe und des Kranzes in meinen Versuchen bei matter Beleuchtung nicht bemerkt werden können? Ich habe lange daran gezweifelt, bin aber jetzt überzeugt, dass Fechner Recht hat und *dass die untere Grenze des* Weber-Fechner'schen *psychophysischen Gesetzes für den Lichtsinn durch die innere Lichtentwickelung im Auge gesetzt wird, also keine wirkliche Ausnahme von dem Gesetze vorhanden ist.* Mir haben nämlich einige Versuche, die in dieser Absicht nachträglich angestellt wurden, ergeben, dass das Augenschwarz auch nach langem Verweilen im Finstern nicht ganz lichtlos ist, abgesehen von den Funken und Flecken im Gesichtsfelde. Man kann sich, wie ich glaube, ganz sicher davon überzeugen, wenn man schwarze Objecte auf weissem Grunde zur Beobachtung anwendet. Im Anfange nämlich, wenn ich in das Finstere komme, erkenne ich auf den stillstehenden Masson'schen Scheiben Sectoren von 30^0 bei einer Beleuchtung von 1 Ctm.^{2} und in der Entfernung von 1 Mètre gar nicht; die Scheibe dagegen sehe ich ganz deutlich begrenzt, aber sie erscheint mir durchweg weiss. Nähere ich mich der Scheibe, so sehe ich *statt des schwarzen Sectors einen matten grauen Sector,* der bei grösserer Annäherung immer dunkler wird. Dass dieses Verschwinden des schwarzen Sectors durch Irradiationserscheinungen hervorgebracht werde, ist bei der geringen Lichtmenge, welche auch von dem Weiss der Scheibe in das Auge gelangt, und bei der bedeutenden Grösse des schwarzen Flecks nicht anzunehmen; das gleichmässige Grau, in welchem der Sector bei grösserer Annäherung erscheint, lässt die Irradiation als noch unwahrscheinlicher erscheinen, — spricht aber sehr dafür, dass das Schwarz des Sectors durch das Augenschwarz oder die innere Licht-

entwickelung abgeschwächt oder verdeckt wird. Die weisse Scheibe bleibt sichtbar, weil sie lichtstärker ist, als der schwarze Sector, dem 0 des Sectors wird aber so viel inneres Licht zugefügt, dass sich derselbe bei geringer Grösse nicht mehr von dem Weiss der Scheibe unterscheidet. Nach längerem Verweilen im Finstern wird das Schwarz deutlicher; aber ein Sector von 5^0 verhält sich dann ebenso, wie früher der Sector von 30^0: er verschmilzt auf 1 Mètre Entfernung mit der Scheibe und erscheint bei grösserer Annäherung matt grau. Nehme ich endlich einen Sector von 1^0 Schwarz, oder eine schwarze Linie von 20 Mm. Länge und 2 Mm. Breite auf weissem Papier, so sehe ich sie bei geringer Lichtquelle und nach halbstündigem Aufenthalte im Finstern auf 1 Mètre Entfernung gar nicht, und wenn ich mich ihr nähere, so ist sie matt grau. Daraus scheint mir mit Sicherheit hervorzugehen, *dass die Wirkung des inneren Lichtes bei längerem Aufenthalte im Finstern zwar abgeschwächt wird, aber nicht aufhört.* Wenn nun ein Sector von 3^0 auf einer weissen Scheibe gedreht wird, so ist von vornherein der *schwarze* Sector für mein lichtproducirendes Auge ein *grauer* Sector, d. h. ein abgeschwächter oder *verkleinerter* Sector. Wenn der Sector von 3^0 aber soviel von seiner Lichtlosigkeit einbüsst, dass er einem Sector von 2^0 oder 1^0 gleichwerthig wird, so wird derselbe, durch Drehung mit Weiss vermischt, nicht mehr von dem Weiss der Scheibe unterschieden werden können. Da sich aber in meinen Versuchen die Kränze der Scheiben sehr stark der Ebenmerklichkeit im verbreiteten Tageslichte nähern, so wird eine sehr geringe Menge von innerem Lichte genügen, um den mittelst des Sectors gebildeten Kranz auszulöschen, oder der einen Conponente so viel Licht zuzufügen, dass die Differenz der beiden Componenten zur Unmerklichkeit herabgedrückt wird. Ein solches Minimum von Lichtentwickelung, wie es zum Auslöschen der kleinen Unterschiede erforderlich sein würde, wird ohne besondere Vorrichtung gänzlich übersehen werden. Eine solche Vorrichtung, die geringsten Mengen von Augenschwarz nachzuweisen, glaube ich aber gerade an den Scheiben mit kleinen Sectoren und den schwarzen Linien auf weissem Grunde zu haben. — Andererseits ist nicht zu übersehen, dass die räumliche Ausdehnung

'ecte einen Einfluss auf ihre Verdeckung durch das Augen-
hat, indess weiss man über den Grund des Zusammenhanges
ı Raumsinn und Lichtsinn bisher nichts.

dienen also diese Versuche, in denen ich zuerst einen Wi-
:h gegen das Weber-Fechner'sche Gesetz zu finden
zu einer entschiedenen Bestätigung desselben, und ich glaube
dieselben seine untere Grenze noch etwas weiter und ge-
)estimmt, sowie Fechner's Ansicht, dass diese scheinbare
hung in der Production inneren Lichtes ihren Grund habe,
ützt zu haben.

XIII.

Ueber die angebliche Hemmungsfunction des Nervus laryngeus superior.

Von

J. M. Schiff.

Im April dieses Jahres hat Dr. Rosenthal aus Berlin der Pariser Akademie mitgetheilt, dass nach seinen Versuchen die galvanische Erregung des mit den Centren zusammenhängenden *Nervus laryngeus superior* die Respiration verlangsame und den erschlafften Zustand des Zwerchfelles verlängere. Starke Erregung des genannten Nerven lasse das Zwerchfell im Zustande der Ausathmung stille stehen; schwache Erregung mache die Athmung seltener.

Rosenthal schliesst aus diesen Versuchen, dass dem Laryngeus die Function des „Hemmungsnerven der Athembewegungen", resp. des Zwerchfelles, zukomme, und dass demnach jeder der drei grossen automatischen Bewegungsreihen des Säugethierkörpers, der Darmbewegung, dem Herzschlag und der Respiration, ein Hemmungsnerv ergänzend zur Seite stehe. Wenn aber zwischen dem Laryngeus und den andern beiden angeblichen Hemmungsnerven (Vagus und Splanchnicus) der Unterschied geltend gemacht werden könne, dass der Laryngeus offenbar ein centripetaler Nerv sei, der nur durch das verlängerte Mark seine Wirksamkeit vermittele, während Vagus und Splanchnicus direct von den Centren aus gegen die Organe verlaufen,

so sei hiermit keine fundamentale Verschiedenheit ausgesprochen. Im Gegentheil sei hiermit zum ersten Male ein thatsächlicher Beleg für die Ansicht gewonnen, dass die „Hemmungsnerven" im Allgemeinen durch Einwirkung auf die *Centra* thätig seien, dass für Vagus und Splanchnicus jene vermittelnden Centra aber im *Innern der Organe* selbst lägen, zu denen sie sich als centrifugale Nerven direct zu begeben schienen.

Die centrale Natur der Nervenganglien, die Existenz wahrer Hemmungsnerven, zwei Lehrsätze, gegen welche sich bisher die exacte Experimentalphysiologie nur negirend verhalten konnte, wir sehen sie hier zum ersten Male, angeblich auf Versuche gestützt, in eine solidarische Verbindung gebracht.

Indem wir uns der Aufgabe unterziehen, die Bedeutung und die Tragweite dieser Versuche näher zu prüfen, müssen wir vor Allem erklären, dass wir die Thatsachen selbst, welche der Arbeit Rosenthal's zur Unterlage dienen, in ihrem ganzen Umfange anerkennen und bestätigt haben. Es bleibt uns nur die beiläufige Bemerkung hinzuzufügen, dass wir oft beobachtet, dass bei starker Reizung des Laryngeus der Brustkasten nicht im Zustande der *ganz vollendeten* Exspiration ruht, dass vielmehr *nach* Aufhören der Reizung und *vor* der ersten Inspiration, die Brust noch ein wenig mehr zusammensinkt. Wir erkannten dies am besten bei Hunden und Kaninchen, wenn wir eine lange Nadel als Index in die unteren Zwischenrippenräume eingebracht hatten.

I. Besteht eine genügende Analogie zwischen der angegebenen Wirkung des Laryngeus und der sogenannten Hemmungswirkung des Vagus und des Splanchnicus?

Die Rosenthal'sche Vertheidigung der Hypothese, dass Vagus und Splanchnicus centripetale Nerven seien, welche in peripherischen oder in mikroskopischen Ganglien ihr Centrum fänden, stützt sich auf die Annahme, dass zwischen der Wirkungsweise des Laryngeus und der beiden andern angeführten Nerven eine so grosse Analogie bestehe, dass, wenn sich nachgewiesenermaassen ein Nerven-

centrum zwischen Laryngeus und dem Endorgane einschaltet, ein solches auch für die beiden andern Nerven zu finden sein werde, durch welches erst die „hemmende“ Thätigkeit möglich und verständlich sein würde.

Dieser Schluss würde selbst dann noch als sehr kühn gelten müssen, wenn in jeder andern bekannten Beziehung die vorausgesetzte Analogie in der Wirkungsweise der drei genannten Nerven wirklich bestände. Wir wollen aber im Folgenden zeigen, dass zwischen der Wirkung des Laryngeus einerseits und des Vagus und Splanchnicus andererseits noch zwei Reihen von Differenzen vorkommen, welche die von Rosenthal angenommene Analogie so sehr zu erschüttern im Stande sind, dass man viel eher zu den entgegengesetzten Schlüssen gelangen dürfte.

a) Es ist eine durch viele Versuche erhärtete, neuerdings auch für den Vagus von Moleschott in ausgedehntem Maasse bestätigte, Thatsache, dass, wenn man die sogenannten „Hemmungsnerven“ des Herzens und des Darmes mit sehr geschwächten Strömen reizt, oder wenn man die mechanischen, chemischen, thermischen Reize auf das entsprechende Maass zurückführt, die „hemmende“ Wirkung sich in eine *erregende* verwandelt, dass dann der Herzschlag *vermehrt*, die Darmbewegung *angeregt* wird.

Ganz anders beim Laryngeus. In welchem Grade man auch den reizenden Strom abschwächt, stets wird die Galvanisirung des Laryngeus, so lange sie überhaupt noch eine Spur von Wirkung zeigt, die Athmung verlangsamen, den exspiratorischen Zustand verlängern. Wir dürfen dies um so bestimmter aussprechen, je öfter es uns gelang, den angegebenen Effekt mit denselben Strömen hervorzurufen, die vom Vagus aus ganz bestimmt den Herzschlag vermehrten, und je grössere Uebung uns frühere Studien im Abstufen der erregenden Ströme verschafft haben.

Wenn wir durch die Vergleichung verschiedener Thatsachen zu dem Ausspruche geführt worden sind, dass Vagus und Splanchnicus Bewegungsnerven sind, bei denen nur *Ueberreizung* die sogenannte Bewegungshemmung erzeugen kann, so müssen wir dem Laryngeus eine durchaus verschiedene Art der Einwirkung zuschreiben.

b) Wir wissen, dass die centripetalen Nerven, welche in den Centren Reflexe erregen oder Empfindungen vermitteln, thätig sind, sowohl unter dem Einflusse unterbrochener Ströme als auch unter der Einwirkung eines *constanten* Stromes. Hat doch Rosenthal selbst einen Beitrag zu unserer Kenntniss der Erregung sensibeler Nerven durch constante Ströme geliefert. In der That haben wir auch gefunden, dass mässig starke und sehr starke *constante* Ströme, welche aufsteigend, d. h. mit dem negativen Pole gegen das Centrum gerichtet, den *Nervus laryngeus* durchziehen, während ihrer Dauer die Zahl der Athemzüge herabsetzen und die Exspiration verlängern, wie dies *unterbrochene* Ströme von entsprechender Reizungsgrösse thun. Und dies musste so sein, da es hier nur auf Erweckung von Reflexen, d. h. auf eine gewisse Art der Erregung von Centraltheilen mittelst der *sensibeln* Nerven ankommt.

Gerade das *Gegentheil* aber tritt ein, wenn Vagus oder Splanchnicus einem ebenfalls zu den hypothetisch angenommenen Centren aufsteigend gerichteten constanten Strom ausgesetzt werden. Alle Beobachter stimmen überein, dass in diesem Falle der Herzschlag bedeutend vermehrt werde, so stark auch der erregende Strom gewählt wird. Ebenso wird, wenn die Darmnerven überhaupt erregbar sind, die Darmbewegung sehr bethätigt, wenn ein constanter Strom, dessen negativer Pol dem Darme zugekehrt ist, die Splanchnici durchsetzt.

Also beim Laryngeus haben der unterbrochene und der constante Strom dieselbe Wirkung, bei den übrigen angeblichen „Hemmungsnerven“ wäre, wenn wir überhaupt einen Augenblick die Hemmung als ihre Function gelten lassen *wollen*, nur dem unterbrochenen Strome erregende, dem starken constanten Strome aber lähmende Kraft zuzuschreiben.

Will man nicht die, ohnehin schon mehr als unwahrscheinliche, centrale Kraft der peripherischen Ganglien mit neuen unbekannten Eigenschaften ausschmücken, so ist nichts natürlicher, als nach den eben hervorgehobenen Thatsachen zu schliessen: das Verhalten des Laryngeus in Betreff der galvanischen Reizung steht im Einklang mit seiner *centripetalen* Natur, er wirkt nicht auf die Athemmuskeln direct, sondern auf deren Centrum im Nervensystem. *Die andern sogen. Hem-*

mungsnerven aber verhalten sich ganz wie einfache Muskelnerven, die ohne Einschiebung reflectirender Centra direct zu ihren Organen gehen.

Wäre die Vaguswirkung auf das Herz eine *reflectirte*, so müsste sie durch starke constante Ströme vom Nervenstamme aus ebenso deutlich, wenn auch in schwächerem Grade, zu erlangen sein, als durch unterbrochene.

Wir betrachten diese analoge Wirkungsweise der beiden Ströme, des constanten und des schwankenden, als eine Eigenthümlichkeit, die allen nur durch Reflex thätigen Nerven zukommt. In manchen Fällen träger Nervenleitung (vielleicht bei partieller Zerstörung der centralen grauen Substanz des Markes) kann hier sogar der constante Strom viel *stärker* wirken, als der unterbrochene und zugleich abwechselnde Inductionsstrom.

Wir glauben uns aber deshalb *nicht* berechtigt, auch den Satz umzudrehen und zu behaupten, dass überall, wo diese Gleichheit der Wirkung beider Ströme vorkomme, auch Reflex vorhanden sei.

Ist bei dem Budge-Weber'schen Versuche am Vagus keine Reflexwirkung im Spiele, so fällt hiermit natürlich jeder Beweis, welchen man aus der „Hemmungswirkung" für die „centrale" Natur der im Herzen versteckten Ganglien entnehmen wollte.

II. Darf der Laryngeus als „Hemmungsnerv" bezeichnet werden?

Im Innern der Nervencentra und besonders des Gehirnes sehen wir täglich und stündlich bestimmte Erregungen so auftreten, dass sie andern bereits bestehenden Antrieben das Gleichgewicht hielten, dass sie neu entstehende Anregungen sich frei zu äussern verhindern. Das Aufhören einer sogenannten willkührlichen Bewegung ist in der Regel nicht etwa eine Besiegung durch die überwiegende Kraft der in Thätigkeit gesetzten antagonistischen Muskeln, sie ist nicht eine *Unterdrückung*, sondern sie ist ein positives *Aufhören* des Antriebes in Folge einer bestimmten relativ äusseren Anregung, einer Vorstellung oder irgend eines andern dem Individuum verinnerlichten Eindruckes. So kennen wir schon lange sogenannte Hemmungsvorgänge; aber nur im innern Mechanismus — der *Centralorgane*. Solche Hemmungsvor-

gänge sind von den Physiologen schon sehr lange benutzt worden, um selbst solche Erscheinungen zu erklären, wie sie bei unsern physiolog. Experimenten an den Centraltheilen auftreten. Ich erinnere an Budge's Auffassung der Function des Kleinhirns, an meine Arbeiten über die *Corpora striata* (1840—1844).

Als *Erreger* dieses Hemmungsmechanismus waren aber bis jetzt fast nur sogen. psychische, d. h. Vorstellungen, bekannt, und wir wussten, dass solche Erreger auch häufig genug auf das Centrum der Respiration einwirken können und so die Athmung seltener machen, den exspiratorischen Zustand verlängern. Wir wussten, dass Hirndruck, manche Arten der Hirnverletzung, oft dasselbe thun.

Rosenthal's Versuche haben uns mit einer rein peripherischen sensibeln Nervenprovinz bekannt gemacht, von welcher aus alle anhaltenderen Reize das Centrum der Respiration in ähnlicher Weise influiren.

Aber die Hemmung selbst bleibt immer nur eine Function des *Centrums,* nicht des Nerven, der hierbei nur als sensibeler und durchaus nicht auf eine speziell eigenthümliche Weise betheiligt ist, wie wir dies noch weiter nachweisen werden. Inwiefern konnte hier von einem „hemmenden" Nerven die Rede sein?

Der Name der „Hemmungsnerven" war vorgeschlagen worden für *centrifugale* Nerven, welche die Organe, zu denen sie sich offenbar vom Centrum aus begeben, vorgeblich zügeln und beruhigen sollten. Gerade das Paradoxe, welches hierin liegt, hat jenen Namen geschaffen, und wenn dasselbe Paradoxon später die Veranlassung einer Hypothese wurde, welche jenen Nerven noch ein *peripherisches* Centrum zuertheilte, so änderte die Theorie nichts in der vom Augenschein aufgedrungenen Anschauung, welche in Vagus und Splanchnicus doch eben nur peripherische Nerven im anatomischen Sinne sah. Wäre der Vagus statt in's Herz in die *medulla oblongata* verlaufen, niemals würde die Budge-Weber'sche Entdeckung eine besondere Klasse von Hemmungsnerven geschaffen haben, es wäre nie von einer Hemmungsfunction bestimmter *Nerven* die Rede gewesen.

War die Annahme von „Hemmungsnerven" durch die Weber'sche Vorstellung von der Function des Herzvagus geboten, so durfte ihnen auch der Laryngeus so lange zugezählt werden, als die We-

ber'sche Vorstellung bestand, und man eine Analogie zwischen dem Verhältniss des Vagus zum Herzen und des Laryngeus zum Zwerchfell annehmen konnte. Jetzt wissen wir, dass diese vorgebliche Analogie durchaus *nicht* festzuhalten ist, dass sogar die Nerven, welche allein den Namen der „hemmenden" rechtfertigen konnten, gar keine „Hemmungsnerven" sind, sondern motorische Nerven von grosser Erschöpfbarkeit.

Sollte man jetzt fortfahren dürfen, den Laryngeus allein, einen evident und in jedem Sinne centripetalen Nerven, als den Hemmungsnerven des Zwerchfells zu bezeichnen?

Es scheint mir hierin derselbe Verstoss gegen die physiologische Terminologie und dieselbe drohende Gefahr künftiger Verwirrung zu liegen, als wenn wir den *Nervus trigeminus*, dessen Reizung reflectorisch Schliessen der Augen bedingt, einen Schliessungs- oder überhaupt einen Bewegungsnerven des Auges nennen wollten, während es doch *nur das Centrum* ist, welches hier vom sensibeln Nerven angeregt den Umsatz in Bewegung, dort den Umsatz in Hemmung, übernimmt. Wer sich der heilsamen Anstrengungen erinnert, durch welche eine solche Terminologie einst in der Wissenschaft ausgerottet wurde, und der vielen Irrthümer, die sie sogleich mit sich in's Grab der Vergessenheit zog, der wird sie heute nicht mehr zu Gunsten eines vielleicht lieb gewordenen Vorurtheiles neu beleben wollen. Möge der Name der „Hemmungsnerven" fallen mit den Vorstellungen, die ihm allein eine Berechtigung zu geben schienen.

Aber dies Alles berührt nur die äusserliche, die terminologische Seite der Frage. Wichtiger ist die andere, ob die von Rosenthal hervorgehobene *Eigenschaft* des Laryngeus eine *Function* bezeichne, die zu den Athembewegungen in demselben Verhältniss stehe, wie man sich früher die Beziehung zwischen Vagus und Herzbewegung dachte.

Auch diese Frage muss ich entschieden verneinen. Wenn Rosenthal behauptet, dass es eine wichtige Entdeckung sei, dass die drei grossen automatischen, rhythmischen Functionen ihre Hemmungsnerven besitzen, so dachte er hierbei ohne Zweifel an die hierdurch mögliche Regulation dieser Functionen. Aber eine solche Regulation

wird für die allgemeine Oekonomie nur dadurch wichtig, dass sie vom allgemeinen Centrum aus geschehen kann. Nur hierdurch ist eine Anpassung möglich an die Gesammtverhältnisse des Organismus. So dachte man sich denn auch das Centrum thätig durch die aus ihm entspringenden zügelnden Bahnen des Vagus und des Splanchnicus. Aber eine gleiche Anregung an dem *Ursprung* des angeblichen „Hemmungsnerven der Respiration" würde ja in die Peripherie, *ausserhalb* der Centra fallen, sie würde also, so wichtig sie auch immerhin sein möge, nicht die Bedürfnisse des Centrum selbst ausdrücken. Die wichtigsten Hemmungen, die vom Centrum selbst ausgehenden, werden aber *im Innern* des Markes ihren ganzen Prozess abwickeln und so den „Hemmungsnerven der Respiration", den Laryngeus ganz und gar umgehen, sie würden seiner nicht bedürfen.

Ist schon diese Betrachtung geeignet, den neugeschaffenen „Hemmungsnerven der Respiration" nicht als functionell ebenbürtig den andern vermeintlichen Hemmungsnerven an die Seite zu stellen, so wird sie auch unterstützt durch die folgenden Erörterungen.

Man hat, und wie uns scheint mit Recht, die Forderung gestellt, dass die Hemmungsnerven an dem regelmässigen Rhythmus der Functionen nicht ohne Theilnahme seien, und dass sich ihre dauernde Unthätigkeit durch eine entsprechende Veränderung dieses Rhythmus verrathe. Man glaubte sogar, freilich sich bei einer vorschnellen ungenügenden Analyse der Thatsachen beruhigend, dieser Forderung für Vagus und Splanchnicus experimentell genügt zu haben.

Es ist nun hervorzuheben, dass nach unsern Versuchen der neue „Hemmungsnerv" für die Respiration zerstört werden kann, ohne dass die Monate lang beobachteten Thiere auch nur die geringste Unregelmässigkeit in ihrer Respiration zeigten, ja sogar, und dies heben wir besonders hervor, ohne dass die Hemmung der Respiration, welche z. B. bei Eintauchen des Kopfes in Wasser, beim plötzlichen Auftreten starker Gerüche und bei manchen andern später zu erwähnenden Gelegenheiten stattfindet, aufgehoben war. Die Thiere unterscheiden sich in keiner Weise von gesunden.

Die Lähmung des angeblichen Hemmungsnerven wurde hervorgebracht bei kleineren Thieren durch Resection des *N. laryngeus.*

Wir haben uns aber überzeugt, dass eigentlich nur dessen *innerer* Ast die von Rosenthal entdeckte Eigenschaft besitzt, und so machten wir bei Hunden nur die Resection dieses Astes und vermieden dadurch auch die Störung der Stimme, die nach Lähmung des ganzen Laryngeus bemerklich wird.

Wir fügen bei dieser Gelegenheit bei, dass es nur die Vagusfasern des *innern* Astes sind, die sich bei dem Versuche betheiligen, wenigstens gelingt Rosenthal's Experiment noch ganz ebenso gut an Thieren, denen vor einiger Zeit der Accessorius ausgezogen worden und bei denen alle Accessoriusfasern entartet sind.

III. Der Laryngeus ist nicht der einzige Nerv, dessen Erregung die Respiration verlangsamt und die Exspiration verlängert.

Ein anderer Umstand, welcher zeigt, dass der Einfluss der Erregung des Laryngeus auf die Athmung nur eine beiläufige *Eigenschaft*, nicht aber eine besondere *Function* dieses Nerven bezeichnet, ist, dass bei vielen Thieren noch eine Menge anderer Nerven zum Theil aus den verschiedensten Regionen des Körpers, welche zum verlängerten Mark in reflectorischer Beziehung stehen, dieselbe Eigenschaft besitzen.

Bei Kaninchen und Meerschweinchen zeichnen sich in dieser Hinsicht einige Zweige des *N. infraorbitalis* aus, unter andern diejenigen, welche zu den Nasenlöchern gehen. Eine leichte Reizung dieser Nerven, oder der Haut, in die sie sich vertheilen, z. B. durch Druck verlangsamt die Respiration sehr bedeutend, und kann sie eine Zeit lang in Exspiration stille stehen lassen. Dieser Erfolg zeigt sich auch immer deutlich, wenn man die Naslöcher selbst zusammendrückt. Dass hier der Druck nicht wirksam ist durch mechanische Behinderung der Respiration geht daraus deutlich hervor, dass der Effect derselbe bleibt, wenn man das Thier erst mehrere Stunden gewöhnt hat durch eine Fistel der Trachea zu athmen, und sogar dann, wenn man, um alles Durchstreichen von Luft durch den obern Abschnitt der Athemorgane zu hindern, die Trachea über die Fistel bis in den Larynx mit nasser Baumwolle vollständig tamponirt hat.

Der Erfolg dieses sowie der folgenden Versuche bleibt ferner unverändert, wenn man vorher den *N. laryngeus superior* durchschnitten hat.

Ein anderer Nerv, der bei Kaninchen in ausgezeichnetem Maasse bei mechanischer Reizung die Zahl der Respirationen vermindert, ist der kleine Vagusast, der unmittelbar über dem *Foramen stylomastoideum* hinter dem Ohre hinaufsteigt. Man kann denselben Erfolg erzielen vom *mentalis, supraorbitalis* und vom *temporalis*. Wenn man die Basis der Ohren stark von hinten nach vorn zusammendrückt, oder wenn man eine Falte der beiden obern Augenlider stark zwischen den Fingern kneipt, so wird die Exspiration bedeutend verlängert und die Zahl der Athemzüge fällt.

Es giebt Kaninchen, bei denen die mechanische Reizung aller Hautnerven des Kopfes und des Halses, sowie der Brust, die Athmung verlangsamt, während sie die Reizung der Extremitäten des Hintertheils und des Schwanzes beschleunigt. Die meisten Kaninchen sind in diesem Falle. Andere giebt es, bei denen man durch Reizung aller Hautnerven der *vordern* Körperhälfte mit Einschluss der Vorderfüsse, die Athmung verlangsamt. Andere zeigen diese Eigenthümlichkeit ausserdem noch längs der ganzen Mittellinie des Rückens über den Dornfortsätzen. Endlich finden sich auch solche, bei denen eine schwache Reizung *aller* Hautnerven der *ganzen* Körperoberfläche zu diesem Ziele führt.

In allen diesen Versuchen darf man keine starke Reizung anwenden, denn man muss sich hüten, wirklichen Schmerz zu erzeugen, der neben der Exspiration noch eine Reihe anderer Reflexe im Kehlkopfe anregt (deren Complex eben das Schreien darstellt), das Thier unruhig macht und dessen dauerndere Wirkung die Respiration beschleunigt.

Ebenso wenig, wie der Schmerz, ist in unsern Versuchen die Angst des plötzlich erfassten Thieres die Ursache der Respirationsverminderung. Denn man kann die Kaninchen lange zwischen den Fingern fassen, ehe man den Druck ausübt, und die Respiration bleibt normal, bis der Hautnerv gereizt wird, und sie kehrt nach Aufhören des Druckes fast eben so plötzlich zu ihrer früheren Zahl zurück.

Lässt man aber, *während* durch den Druck die Respiration anhaltend vermindert ist, unversehens einen Hund oder eine Katze auf den Tisch setzen, welche das festgehaltene Kaninchen beschnüffeln, so mehrt sich dabei wieder deutlich und oft auffallend die Zahl der Respirationen, obschon sie, wegen der fortdauernden Nervenreizung, nicht ganz die Normalzahl erreichen kann. Entfernt man jetzt den Feind, während man beständig weiter reizt, so tritt die Hemmung wieder in voller Kraft hervor. Man sieht also, dass Beängstigung des Thieres, weit entfernt die Zahl der Athemzüge zu vermindern, dieselbe vielmehr erhöht.

Während bei Kaninchen nur leichte Erregungen zu nehmen sind, bedarf man bei Fröschen sehr mächtiger Ströme des Inductionsapparates, um die Respiration von verschiedenen Körpergegenden aus in exspiratorischem Zustande zum Stillstand zu bringen. Man kann sich hier nur mit der äussersten Vorsicht gegen unipolare Wirkungen und gegen Stromschleifen wahren. Der Exspiration entspricht hier der Stillstand der Kehlhaut in Erschlaffung, sie ist dabei nach unten gewölbt, während sie, wenn ihre Nerven vom Strome direct getroffen werden, zusammengezogen still steht. Sehr *stark* erregende Ströme, welche die Nerven der Waden, der Schenkel, der Vorderfüsse isolirt durchströmen, können hier Kehlhaut und Nasenlöcher zum Stillstand in Erschlaffung zwingen, während nach Aufhören der Reizung ihr Spiel sogleich wieder beginnt. Oft gehen nach dem Anfang der starken Reizung noch 2 bis 3 Respirationen dem Stillstand vorher, oft erlangt man bloss eine bedeutende Verminderung der Zahl der Athemzüge, und wenn der Reiz nicht ausserordentlich stark gewählt wird, kann bei wenig empfindlichen Thieren auch in einzelnen Fällen der ganze Versuch fehlschlagen.

Wenn man einzelne neben dem Steissbein gelegene Nervenstämme vorsichtig herauspräparirt und stark reizt, sieht man oft plötzlich das Spiel der Nasenlöcher aufhören, sie bleiben klaffend stehen, während die Kehlhaut weiter schlägt, freilich in verlangsamtem Tempo. Es scheint hier also eine *partielle* Hemmung der Athembewegungen stattzufinden.

Bei grossen Kröten ist es einige Male gelungen, durch chemische Reizmittel (Schwefelsäure), die auf Ramificationen des Schenkelnerven

gebracht wurde, eine Pause der Athmung in der Exspirationsphase zu erlangen, während die armen Thiere sich in Schmerzen wanden und die Augen tief einzogen.

Bei Eidechsen kann man ebenfalls durch starke galvanische Reizung der Lendennerven einen langen Stillstand in Exspiration erzeugen. Bei diesen Thieren sieht man deutlich, dass die Hemmung eine kurze Zeit die Reizung überdauert.

Vermuthlich werden zur Erzielung des angegebenen Erfolges nicht mehr so sehr starke Ströme nöthig sein, wenn man sensibele Nerven reizt, die in näherer und engerer Verbindung mit dem verlängerten Marke stehen, Es lässt sich dies aber kaum experimentell verfolgen, da bei kürzeren Nerven die Gefahr der von der angebrachten Reizung indirect erzeugten Zuckungen zu sehr wächst. Schon bei den eben erwähnten Versuchen an den Lendennerven der Eidechsen kann ich nur einen grossen Grad von Wahrscheinlichkeit, aber nicht mehr vollkommene Sicherheit bieten, dass sich nicht eine indirecte Reizung einmischte.

Bei Hunden und Katzen, überhaupt bei Thieren mit sehr empfindlicher Haut, bei denen eine Reizung zu leicht Schmerz erzeugt, ist es nicht möglich, im Normalzustande von einem andern Nerven aus als vom Laryngeus eine Hemmung der Athmung zu erzeugen.

Dennoch gelang es mir, eine specielle Bedingung aufzufinden, unter der es sehr leicht ist, den Einfluss der Nerven des Kopfes, des Halses, der Extremitäten oder der Mittellinie des Rückens nachzuweisen.

Man ätherisirt oder chloroformirt das Thier so lange, bis alle Athembewegung ganz aufgehört hat, und unmittelbar darauf belebt man es wieder mittelst künstlicher Respiration, indem man methodisch und abwechselnd den Bauch oder die Brust zusammendrückt. Verfährt man nur so vorsichtig, dass man durch den Druck keine innere Blutung erzeugt, so gelingt beim Aether die Wiederbelebung sicher. Sobald jetzt das Thier anfängt, wieder *regelmässig,* aber noch schwach zu athmen, tritt ein Moment ein, wo jede etwas lebhafte mechanische Reizung der Nerven der genannten Theile das Zwerchfell anhaltend erschlafft und das Thier sinkt von Neuem asphyctisch zusammen. Es ist mir dieser Versuch an mehr als 18 Hunden und Katzen eclatant

gelungen, gar manchmal aber habe ich auch den rechten Moment verpasst, und der Antrieb zur Athmung war wieder so kräftig geworden, dass er dem Einflusse des Reizes wiederstand.

Diese letzte Versuchsreihe scheint mir zu einer wichtigen praktischen Folgerung zu führen. Auch die sehr empfindliche Haut des Menschen scheint unter ähnlichen Bedingungen zu stehen, wie die der Raubthiere. Ist dies der Fall, so liegt hierin eine dringende Warnung gegen jede Fortsetzung einer chirurgischen Operation an ätherisirten Kranken, die einmal der Asphyxie nahe gekommen sind, oder die gar durch künstliche Respiration erst wieder erweckt worden. Man muss in diesen Fällen warten, bis die Athmung nicht nur regelmässig, sondern auch wieder ganz *kräftig* ist. Die Nichtbeachtung dieser Regel mag manchen Unglücksfall durch Anwendung des sonst so unschuldigen Aethers erklären. Wenigstens sprechen unsere Versuche an Thieren ganz entschieden in diesem Sinne.

Es ist nun noch nachträglich zu bemerken, dass in allen Fällen, wo durch Erregung sensibeler Hautnerven die Athmung seltener wird, sich auch die Zahl der Herzschläge bedeutend vermindert. Es hängt dies von einer durch die *medulla oblongata* vermittelten Ueberreizung des *Nervus accessorius* ab, denn hat man diesen beiderseits ausgezogen, so verlangsamt sich unter den angegebenen Bedingungen die Athmung, aber der Herzschlag verharrt in seiner normalen Frequenz.

XIV.

Beiträge zur Lehre von der Verdauung.

Von

Ernst Brücke.

Zweite Abtheilung[1]).

I. Das Pepsin.

Diejenigen, welche bis jetzt über die chemische Constitution des Pepsins eine bestimmte Meinung geäussert, haben dasselbe für eine eiweissartige Substanz erklärt. Der Grund hierfür lag theils in dem Resultate einer von C. Schmidt in Dorpat ausgeführten Elementaranalyse, theils darin, dass gut wirkende Verdauungsflüssigkeiten, die man nach Kräften von fremden Beimischungen gereinigt hatte, eine Reihe von Reactionen zeigten, welche uns an den Lösungen der Eiweisskörper bekannt sind.

Bei näherer Betrachtung stellen sich diese Motive als sehr ungenügend heraus.

C. Schmidt fand:

C — 53,0
H — 6,7
N — 17,8
O — 22,5

[1]) Vom Herrn Verfasser aus den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften mitgetheilt.

Vergleicht man diese Zahlen mit denen, welche seiner Zeit für Mulder's Proteïn, und mit denen, welche für das Eiweiss, das Fibrin, das Caseïn gefunden worden sind, so stimmen sie mit keinen genau. Namentlich ist die Zahl für den Stickstoff zu hoch. Der Schwefel ist nicht berücksichtigt.

Dabei bietet die Art der Darstellung keinerlei Garantie, dass man es mit einer reinen Substanz und nicht mit einem Gemenge zu thun hatte. Magensaft wurde mit Kalkwasser neutralisirt, filtrirt, das Filtrat zur Oeldicke verdunstet und mit Alkohol gefällt. Der Niederschlag wurde in wenig Wasser gelöst, mit Sublimatlösung gefällt und das hierdurch Niedergeschlagene für die Elementaranalyse benutzt.

Die Resultate einer älteren Analyse von J. Vogel entfernen sich noch weiter von den Zahlen der Eiweisskörper. Auch sie gewähren keine Sicherheit, da das Material für die Analyse nach Wassmann's Verfahren gewonnen war, dessen Mangelhaftigkeit später vollkommen einleuchten wird.

Die Reactionen, aus denen man geschlossen hat, dass das Pepsin der Gruppe der Eiweisskörper angehöre, können uns ebenfalls kein Vertrauen einflössen; denn sie sind sämmtlich beobachtet worden an Verdauungsflüssigkeiten, die ausser dem Pepsin noch andere Körper enthalten konnten, welche mit diesem gleichzeitig durch Quecksilberchlorid, essigsaures Blei und Alkohol, Körper die man bei der Bereitung anwendete, gefällt wurden.

Diesen Reactionen gegenüber muss ferner bemerkt werden, dass wie schon Th. Schwann wusste, das Pepsin aus seinen sauren Lösungen durch Blutlaugensalz nicht gefällt wird.

Ich habe den Gegenstand einer erneuerten Untersuchung unterworfen und kann nach dieser die besprochene Annahme nicht bestätigen.

Die abpräparirte Drüsenschicht von zwei Schweinsmagen wurde mit verdünnter dreibasischer Phosphorsäure bei 38° Cels. bis zum Zerfallen digerirt, die so gewonnene Verdauungsflüssigkeit mit Kalkwasser so weit gesättigt, dass sie blaues Lackmuspapier eben noch

[1]) Bidder und Schmidt, die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel, p. [illegible]

violett färbte, vom phosphorsauren Kalk auf dem Spitzbeutel abfiltrirt und derselbe schliesslich unter der Schraubenpresse abgepresst. Bei diesem Verfahren fällt fast alles Pepsin mit dem phosphorsauren Kalk nieder. Löst man denselben mit etwas Chlorwasserstoffsäure wieder auf, so erhält man eine Flüssigkeit, welche selbst noch in sehr hohen Verdünnungsgraden energisch verdaut, während die vom phosphorsauren Kalke abfiltrirte Flüssigkeit, wenn man sie ansäuert, nur geringe Spuren verdauender Wirkung zeigt. Dagegen färbt sich letztere Flüssigkeit mit Salpetersäure erwärmt und dann mit Ammoniak gesättigt intensiv gelb, während bei der vorerwähnten energisch verdauenden Flüssigkeit unter gleicher Behandlung die Färbung viel schwächer ausfällt. Diese letztere Flüssigkeit führte also bei unverhältnissmässig grösserem Pepsingehalte offenbar weniger fremde Stoffe als das ursprüngliche durch Selbstverdauung der Magenschleimhaut erhaltene Product.

Nachdem ich dieselbe zu einigen anderen Versuchen verbraucht hatte, stellte ich mir eine neue in folgender Weise dar. Ich digerirte wiederum zwei Schweinemagen-Schleimhäute mit verdünnter Phosphorsäure bei 38° Cels. Als einzelne Stücke eben anfingen zu zerfallen, nahte ich die Flüssigkeit ab, ersetzte sie durch neue verdünnte Phosphorsäure und digerirte nun weiter bis zum vollständigen Zerfallen, so dass ich eine klar durch's Filtrum gehende Flüssigkeit erhielt, aus der Blutlaugensalz kein Eiweiss mehr fällte. Diese sättigte ich mit Kalkwasser so weit, dass ich blaues Lackmuspapier eben noch schwach violett färbte, sammelte den phosphorsauren Kalk auf dem Spitzbeutel, presste ihn ab und löste ihn noch feucht unter Zusatz von verdünnter [1]) Salzsäure wieder in Wasser auf. Die so erhaltene Flüssigkeit fällte ich zum zweiten Male mit Kalkwasser, sammelte den phosphorsauren Kalk wiederum auf dem Spitzbeutel, presste ihn ab, übergoss ihn noch feucht mit wenig Wasser und fügte demselben in grossen Inter-

1) Ich kann die Grenze der nöthigen Verdünnung bis jetzt nicht genau angeben. Davon aber habe ich mich überzeugt, dass eine Säure, welche 23 Gramme ClH im Liter enthält, die wirksamen Eigenschaften des Pepsins nicht beeinträchtigt, man kann also diese oder eine verdünntere ohne Scheu anwenden.

vallen und in kleinen Portionen Phosphorsäure hinzu. Hiedurch wandelte ich zunächst $PO_5 + 3\ CaO$ in $PO_5 + 2\ CaO + HO$ um.

Es war leicht zu beobachten, wann dieser Process beendet war, indem die kleisterartige Masse des ersteren Salzes nach und nach in die sandige des zweiten überging, die sich mit dem Glasstabe leicht davon herunterrütteln liess. Nun filtrirte ich die Flüssigkeit ab, sie hatte höchst energische verdauende Wirkung, wenn sie mit angesäuertem Wasser verdünnt wurde, färbte sich aber auch mit Salpetersäure und Ammoniak noch ziemlich stark gelb. Was auf dem Filtrum geblieben war, wusch ich einige Male mit destillirtem Wasser, verstopfte dann den Trichter und goss verdünnte Phosphorsäure auf, so dass sich nur ein Theil des $PO_5 + 2\ CaO + HO$ löste, indem dabei $PO_5 + CaO + 2\ HO$ gebildet wurde. Am andern Tage zog ich den Stopfen vom Trichter und liess die Flüssigkeit ablaufen. Sie verdaute mit angesäuertem Wasser verdünnt sehr energisch und färbte sich mit Salpetersäure und Ammoniak nur noch wenig gelb. Ich wusch wieder einige Male mit destillirtem Wasser, verstopfte wieder, goss wieder verdünnte Phosphorsäure auf, um eine neue Quantität des zweidrittel dreibasisch phosphorsauren Kalks zu zerlegen, und so fort, bis ich eine Flüssigkeit erhielt, die sich mit Salpetersäure und Ammoniak nicht mehr merklich gelb färbte. *Ein* Tropfen dieser Flüssigkeit mit fünf Cubikcentimeter Chlorwasserstoffsäure vom Säuregrad 1 (1 Gramm ClH in Litre Wasser) verdünnt löste eine hineingeworfene Fibrinflocke bei $17^1/_2°$ Cels. in Zeit von einer Stunde grösstentheils auf, so dass der am Boden des Reagirglases liegende Rest beim Umschütteln in kleine Wölkchen zerstob.

Bekanntlich geben die Eiweisskörper mit Schwefelsäure und etwas Zuckerlösung eine schöne weinrothe bis violette Farbe, ähnlich so wie dies Pettenkofer zuerst an der Choloidinsäure beobachtete. Unsere Flüssigkeit zeigte diese Reaction nicht.

Eiweisskörper mit starker Chlorwasserstoffsäure der atmosphärischen Luft ausgesetzt, geben eine violettblaue Lösung. Auch auf diese Reaction wurde unsere Flüssigkeit vergebens geprüft. Sie steht übrigens den beiden erstgenannten an Empfindlichkeit bei weitem

nach. Sie blieb schon bei einer weniger sorgfältig gereinigten Pepsinlösung aus, welche die beiden anderen noch sehr deutlich zeigte.

Der Umstand, dass das Pepsin aus seiner phosphorsauren Lösung durch Kalkwasser mit phosphorsaurem Kalk ausgefüllt wird, konnte die Aussicht auf Reindarstellung unserer Substanz eröffnen.

Zuvor musste aber untersucht werden, ob das Pepsin eine Verbindung mit dem phosphorsauren Kalke eingeht, oder ob es beim Niederfallen des letzteren nur mechanisch mitgerissen wird.

Ich fällte Phosphorsäure mit Kalkwasser im Ueberschuss und wusch den noch feuchten basisch phosphorsauren Kalk erst durch Decantiren, dann auf dem Filtrum aus. Noch feucht brachte ich ihn in reichlicher Menge in eine vorher sorgfältig mit Ammoniak neutralisirte Verdauungsflüssigkeit, schüttelte sie fleissig damit und filtrirte. Das Filtrat mit Salzsäure oder Phosphorsäure angesäuert, verdaute nicht, während ein Theil der neutralisirten Verdauungsflüssigkeit, der nicht mit phosphorsaurem Kalk geschüttelt war, angesäuert wieder verdaute. Einen zweiten Versuch stellte ich in der Weise an, dass ich Verdauungsflüssigkeit, ohne sie zu neutralisiren, mit phosphorsaurem Kalk schüttelte.

Ein verhältnissmässig kleiner Theil desselben wurde aufgelöst, von dem zurückbleibenden grösseren wurde abfiltrirt. Das Filtrat konnte nicht mehr zum Verdauen gebracht werden, während ein anderer Theil derselben Verdauungsflüssigkeit, in den ich nur so viel phosphorsauren Kalk gethan hatte, als sich darin auflöste, wieder verdaute, nachdem er von neuem angesäuert worden war.

Nach diesen Versuchen lag es zu nahe, das Pepsin werde beim Fällen seiner phosphorsauren Lösungen mit Kalkwasser nur mechanisch mitgerissen, als dass ich in der Absicht dasselbe rein darzustellen diesen Weg hätte weiter verfolgen sollen. Dagegen war das mechanische Anhaften an kleinen festen Körpern an und für sich eine Erscheinung, die weiter verfolgt zu werden verdiente und aus der ich vielleicht einen Nutzen ziehen konnte. Ich wendete anstatt des phosphorsauren Kalks zunächst Thierkohle an, die in der gewöhnlichen Weise aus Hornspänen bereitet war. Sie wirkte ebenso. Verdauungs-

flüssigkeit, damit geschüttelt und filtrirt, hatte ihr Verdauungsvermögen vollkommen eingebüsst.

Der Grund dieser Unwirksamkeit war einzig Mangel an Pepsin, denn nachdem ich ohne den Säuregrad zu verändern einige Tropfen Pepsinlösung hinzugefügt hatte, verdaute sie wieder kräftig.

Fein vertheilter Schwefel, den ich durch Fällen einer Schwefelkaliumlösung mit Salzsäure bereitet und dann ausgewaschen hatte, wirkte auch, aber schwächer. Ich brauchte eine viel grössere Menge Schwefel um alles Pepsin aus einer Verdauungsflüssigkeit aufzufangen, als unter gleichen Umständen Kohle dazu nöthig war.

Es kam mir nun der Gedanke, das Pepsin mechanisch an feste Körper zu binden und diese dann aufzulösen in einem Menstruum in dem sich das Pepsin nicht löst.

Vielleicht konnte ich so das Pepsin von andern Körpern, denen es in natürlichen und künstlichen Verdauungsflüssigkeiten gemengt vorkommt, vollkommener isoliren als dies früheren Experimentatoren gelungen war. Ich versuchte es zuerst mit Schwefel und Chloroform. Ich fing das Pepsin mit feinvertheiltem Schwefel auf, wusch aus, vertheilte in wenig Wasser und schüttelte mit Chloroform, aber die Flüssigkeiten setzten sich schlecht aus einander und das Verfahren hatte nicht das gewünschte Resultat.

Nun schlug ich ein anderes ein. Ich sättigte ein Gemenge von 4 Theilen Weingeist (von 94 Volumproc. Alkohol) und einem Theil Aether kalt mit Cholesterin. Dann bereitete ich eine Pepsinlösung mittelst Phosphorsäure und Kalkwasser in der Weise wie ich es früher geschildert habe. Nachdem ich zum zweiten Male mit Kalkwasser gefällt und abgepresst hatte, löste ich den phosphorsauren Kalk mit dem ihm anhafteten Pepsin in verdünnter Chlorwasserstoffsäure und filtrirte in eine grosse Flasche. In diese Flasche setzte ich mittelst einen langen Trichter, der bis zum Boden hinabreichte, und goss durch diesen in kleinen Portionen die Cholesterinlösung hinein. Das sich ausscheidende Cholesterin sammelte sich in Form eines weissen Schlammes an der Oberfläche an. Als derselbe die Dicke von etwa einem Zoll erreicht hatte, wurde der Trichter herausgezogen, die Flasche geschlossen und anhaltend geschüttelt, um möglichst

Pepsin an das feinvertheilte Cholesterin zu binden: dann filtrirte ich und wusch aus, anfangs mit Wasser, das mit Essigsäure angesäuert war, dann mit reinem Wasser. Das Auswaschen wurde fortgesetzt bis das Waschwasser sich weder mit Silberlösung trübte, noch sauer reagirte. Nun leerte ich das feuchte Cholesterin in ein Pulverglas und übergoss es mit Aether, den ich vorher mit destillirtem Wasser geschüttelt hatte, um ihn vom Weingeist zu befreien.

Mittelst des Aethers löste ich das Cholesterin auf, während sich das anhaftende Wasser davon trennte und eine trübe Schicht am Boden des Glases bildete. Der Aether wurde abgegossen und durch neuen ersetzt, wiederum geschüttelt, dann abgegossen u. s. w. Nachdem dies mehrmals wiederholt war, liess ich das Gefäss offen stehen, bis die letzte dünne Aetherschicht, die nicht mehr ohne Verlust abgegossen werden konnte verdunstet war, dann filtrirte ich. Auf dem Filtrum blieb eine geringe Menge einer schleimigen Substanz. Das vollkommen neutrale wasserhelle Filtrat zeigte angesäuert energische Wirkungen. Es löste nicht nur eine hineingeworfene Fibrinflocke zusehens auf, sondern ein einziger Tropfen zu fünf Cubikcentimeter Salzsäure vom Säuregrad 1 (1 Gramm ClH im Litre) gesetzt, theilte dieser so viel Verdauungsvermögen mit, dass sie eine hineingeworfene Fibrinflocke in der Zeit von etwa einer Stunde auflöste.

Ich habe in der ersten Abtheilung erwähnt, dass schon Schwann beobachtete, wie die Verdauungsflüssigkeiten oft in starker Verdünnung energischer wirken als im concentrirteren Zustande und dies aus dem hemmenden Einflusse fremder Beimischungen erklärt, die sich bei stärkerer Verdünnung weniger geltend machen. Die in Rede stehende Pepsinlösung giebt den Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht, denn obgleich sie immerhin so concentrirt war, dass ein einziger Tropfen 5 Cubikcentimetern Flüssigkeit noch ziemlich kräftige verdauende Wirkungen mittheilte, so verdaute sie unverdünnt zwar nicht schneller, aber auch nicht langsamer als die besten Verdauungs-Flüssigkeiten, die ich je unter Händen gehabt habe.

Diese Flüssigkeit nun *zeigte eine Reihe von Reactionen nicht, welche verschiedene Autoren als den Pepsinlösungen zukommend beschreiben.* Durch concentrirte Salpetersäure, durch Jodtinctur und

durch Tannin wurde sie nicht getrübt, was zeigt, dass sie keine chemisch nachweisbaren Spuren irgend eines Eiweisskörpers enthielt. Eben so wenig trübte sie sich durch Quecksilberchlorid. Dies ist für uns von besonderer Wichtigkeit, da das vermeintliche Pepsin, welches C. Schmidt analysirte, damit gefällt war. Auch Schwann und Wassmann führen Sublimat mit unter den Substanzen an, die das Pepsin fällen und zur Darstellung desselben dienen können; offenbar bestanden die Niederschläge, die sie damit erhielten, der Hauptmasse nach aus anderen Körpern und das Pepsin war mitgerissen, wie es auch vom phosphorsauren Kalk mitgerissen wird.

Salpetersaures Silberoxyd machte meine Flüssigkeit sehr schwach opalisirend. Die kaum merkliche und nur bei seitlich einfallendem Lichte wahrnehmbare Erscheinung verschwand auf Zusatz von Ammoniak und rührte wahrscheinlich von einer sehr geringen Menge einer Chlorverbindung her, die an dem Cholesterin haften blieb und nach Auflösung desselben zum Vorschein kam.

Vom Platinchlorid wurde die Flüssigkeit deutlich getrübt und stärker noch durch basisches und durch neutrales essigsaures Blei, das selbst noch, nachdem mit Essigsäure angesäuert war, eine starke Trübung hervorbrachte.

Man kann gegen diese Versuche einwenden, dass man ja nicht wisse, in wie kleinen Quantitäten das Pepsin wirksam sei und deshalb auch nicht wissen könne, ob es in der untersuchten Flüssigkeit trotz ihrer Wirksamkeit nicht in so geringer Menge vorhanden war, dass es sich durch chemische Reagentien nicht nachweisen liess. Ich muss die Berechtigung dieses Einwurfs um so mehr anerkennen, als ich direct durch Auflösung des Spitzbeutelinhaltes in überschüssiger Phosphorsäure, oder in Salzsäure, oder durch Zerlegen desselben mit Oxalsäure Flüssigkeiten gewonnen habe, von denen *ein* Tropfen in fünf Cubikcentimetern Wasser vertheilt eine hineingeworfene Fibrinflocke binnen 10 Minuten löste; andrerseits wird es aber gerade bei dieser Wirksamkeit des Pepsins in sehr kleinen Quantitäten und bei seiner Neigung, sich Niederschlägen anderer Körper anzuhängen, denen, welche das Pepsin als einen eiweissartigen Körper betrachten, schwer werden zu beweisen, dass ihre Niederschläge, auch wenn sie

wieder aufgelöst oder zerlegt verdauende Flüssigkeiten gaben, der Hauptmasse nach aus Pepsin und nicht aus anderen Körpern bestanden haben.

Ich hätte die mittelst des Cholesterins gewonnene Lösung in grösserer Menge bereiten und durch Verdunsten concentriren können; aber die Versuche hätten auch dann keine absolute Beweiskraft gehabt, da man, so lange das Pepsin nicht rein dargestellt ist, Niemandem vorschreiben kann, bis zu welcher Höhe er sich mit seinen Vorstellungen über die Wirkungen minimer Quantitäten von Pepsin versteigen darf. Ich habe von hier ab die Versuche über die chemische Beschaffenheit des Pepsins vorläufig auf sich beruhen lassen. Der Faden, dem man bis jetzt gefolgt war, war mir in der Hand zerrissen um einen neuen zu finden hätte ich das Pepsin rein darstellen müssen, und daran konnte ich vor der Hand nicht denken, weil ich keine Aussicht hatte das Pepsin zum Krystallisiren zu bringen oder in eine krystallisirte Verbindung überzuführen. Ich habe deshalb zunächst einige andere Punkte studirt, die man auch ohne Reindarstellung des Pepsins näher erforschen kann.

II. Verdauung bei gehinderter oder unvollkommener Quellung.

Ich habe schon in der ersten Abtheilung meiner Beiträge auf den auffallenden Einfluss aufmerksam gemacht, den das Anquellen auf den Fortgang des Verdauungsprocesses ausübt und muss hier noch einiges nachholen, was ich später beobachtet habe, und was mir in Rücksicht auf die Vorstellungen, welche wir uns von dem Wesen des Verdauungsprocesses zu machen haben, nicht ganz ohne Interesse scheint.

Ist die Quellung mechanisch (durch Compression) oder chemisch (durch Zusatz von Salzlösungen) verhindert, oder ist der passende Säuregrad so weit überschritten, dass das Fibrin deshalb nur wenig aufquillt, so ist bei Gegenwart von nur geringen Pepsinmengen die Verdauung fast oder völlig unmerklich; anders aber verhält es sich, wenn man grössere Pepsinmengen anwendet.

Man erhält dann unter übrigens ungünstigen Verhältnissen noch

Verdauung, die aber in ihrer äusseren Form manches Eigenthümliche darbietet.

Man werfe in Wasser, das bis zum Säuregrade = 1 mit Salz-säure angesäuert ist, eine Fibrinflocke, die natürlich allsogleich anfängt zuquellen beginnt, dann füge man soviel Kochsalzlösung hinzu, dass sie wieder verschrumpft und hierauf eine kräftige im voraus auf den richtigen Säuregrad gebrachte Pepsinlösung. Die Flocke quillt nun nicht mehr auf, wird aber doch langsam, d. h. am nächsten oder den darauf folgenden Tage verzehrt und zwar von innen her, so dass zuletzt beim Umschütteln die Rinde als eine weisse krümmliche Masse auseinander fällt. Es scheint, dass die Säure stärker in das Fibrin eindringt als das Kochsalz und deshalb die äusserste Schicht als am stärksten geschrumpft der Pepsinwirkung am wenigsten zugänglich ist. Aehnlich verhält es sich, wenn man mit blosser Salz-säure, aber bei einem zu hohen Säuregrade verdaut; nur verbreitet sich hier der Desaggregationsprocess doch gleichmässiger auf die ganze Fibrinflocke. Ich mischte eine starke Pepsinlösung so mit Wasser und Salzsäure, dass der Säuregrad 18 betrug. Eine hineingeworfene Fibrinflocke quoll darin sehr unvollkommen auf, aber doch war nach 8 Stunden die Verdauung schon merklich, und im Laufe des andern Tages löste sich das Fibrin unter Zurücklassung einer starken Trübung in der Flüssigkeit allmälig auf.

Um den Einfluss grösserer Pepsinmengen bei hohen Säuregraden zu würdigen, vergleiche der Leser das Resultat dieses Versuches mit der 2. in der ersten Abtheilung dieser Beiträge mitgetheilten Versuchsreihe. Bei dieser war weniger Pepsin angewendet und doch hatte schon ein Versuch vom Säuregrade 14,95 selbst nach 8 Tagen noch nicht verdaut.

Von der Phosphorsäure kann man, wenn man es nicht an Pepsin fehlen lässt, noch viel höhere Säuregrade anwenden. Ich digerirte käufliches Pepsin von D. Stephan und Lamatsch mit Phosphor-säure vom specifischen Gewicht 1,12 in der Brutwärme, filtrirte und warf in das erkaltete Filtrat eine Fibrinflocke. Sie quoll darin viel weniger auf als in einer verdünnteren Säure, aber schmolz nun und nach ähnlich wie ein Eiweisswürfel von aussen ab, bis sie

nächsten Tages vollständig gelöst hatte. Dieselbe
ür sich allein übte eine solche Wirkung nicht aus.
vom Pepsin her. Ich bitte den Leser sich hier-
s nach Dalton eine Phosphorsäure vom speci-
in 100 Gewichtstheilen bereits 10 Gewichts-

epsin und Galle.

, dass jede Verdauung mittelst Pepsin durch Zu-
.. Galle aufgehoben wird; woher rührt das? Um alle
.ande, welche dabei in Betracht kommen, gehörig würdigen zu
nnen, muss ich noch einmal auf das Verhalten des Pepsins gegen
e Kohle zurückkommen. Ich habe bereits erwähnt, dass die Thier-
hle aus einer Verdauungsflüssigkeit, mit der man sie schüttelt, alles
epsin vollständig aufnimmt, so dass die abfiltrirte Flüssigkeit keine
ur von verdauender Kraft mehr besitzt. Wenn man nun statt ab-
filtriren eine Fibrinflocke in die mit Kohle geschüttelte und noch
mit gemischte Verdauungsflüssigkeit wirft, so findet man sie am
nderen Tage zwar aufgequollen, aber nicht gelöst. Das Resultat ist
ein anderes, wenn auch die Flocke ganz in die mit Pepsin ge-
chwängerte Kohle eingebettet ist. Sie verhält sich, als ob sie in
verdünnter Salzsäure ohne Pepsin läge.

Die Kohlepartikeln berauben also, indem sie die Pepsinmolecüle
nziehen, dieselben ihrer freien Bewegung in der Flüssigkeit und
amit ihres Vermögens auf geronnene Eiweisskörper verdauend ein-
wirken. Es ist nun bekannt, dass sich, sobald die Galle mit dem
auren Speisebrei in Berührung kommt, ein Niederschlag bildet,
nd man darf die Möglichkeit nicht ausser Acht lassen, dass durch
ie Theilchen desselben ein Theil des Pepsins ähnlich wie durch die
Kohle mechanisch gebunden werde. Ich habe jedoch einige Versuche
angestellt, welche beweisen, dass ganz abgesehen hiervon die Galle
die Verdauung mittelst Pepsin in sehr auffälliger Weise hindert, in-
dem sie nicht nur den Quellungsprocess aufhebt, sondern auch schon
aufgequollene Substanz wieder zum Verschrumpfen bringt. Ich machte
frische Ochsengalle mit etwas Phosphorsäure sauer und filtrirte von

dem entstandenen Niederschlage ab. In die etwas trüb durch's Filtrum gehende Flüssigkeit, der ich Pepsin zusetzte, warf ich eine Fibrinflocke, sie quoll darin nicht auf und wurde nicht verdaut. Auch durch Nachsäuern konnte ich sie nicht zum Aufquellen und Verdautwerden bringen. Ich verdaute nun Fibrin in einer kräftigen Verdauungsflüssigkeit und versetzte die so erhaltene Lösung mit derselben angesäuerten Galle. Es entstand sogleich ein reichlicher Niederschlag.

Ich wendete von nun an, um die Bedingungen zu vereinfachen, zu meinen Versuchen Lösungen von krystallisirter Galle an, die auf die gewöhnliche Weise durch Auflösen der trockenen Ochsengalle in Alkohol und Zusetzen von Aether erhalten war. Ich bemerkte, dass diese Lösungen mit Flüssigkeiten, in denen Fibrin oder Eiweiss verdaut waren, immer starke Niederschläge gaben. Diese Niederschläge bestanden aus zwei verschiedenen Bestandtheilen. Der erste Bestandtheil, der stets und, so viel ich bemerken konnte, in dem Masse als gallensaure Salze zugesetzt waren, erschien, bestand in mikroskopisch kleinen runden Kügelchen oder Tröpfchen, die die ganze Flüssigkeit trübten und, wie die Milchküchelchen die Milch, weiss färbten. Sie gingen beim Schütteln mit Aether in denselben über und er liess dann nach dem Verdunsten einen in Alkohol löslichen Rückstand, der mit Zuckerlösung und Schwefelsäure Pettenkofer's Choloidinsäure-Reaction gab. Die Abscheidung dieser Kügelchen wurde nicht sowohl durch Pepsin und Säure, als vielmehr durch die Verdauungsprodukte hervorgebracht. Ochsengalle wurde mit Pepsin und Säure versetzt und filtrirt, aus dem Filtrate schieden sich nach weiterem Zusatz von Pepsin und verdünnter Säure keine Tröpfchen mehr aus, wohl aber, wenn eine Lösung von Verdauungsprodukten hinzugefügt wurde. Lösungen von krystallisirter Galle, die nach Zusatz von Pepsinlösung, von verdünnter Phosphorsäure, von Salzsäure vom Säuregrad = 1, von Salzsäure vom Säuregrad = 6, noch klar waren, zeigten augenblicklich die besagte milchige Trübung, sobald sie mit einer Lösung von Verdauungsprodukten gemischt wurden. In ähnlicher Weise wurden sie von einer sauren Lösung von Hühnereiweiss gefällt.

Der zweite Bestandtheil tritt in wechselnder Menge auf und kann auch fehlen. Er ist keine Gallensubstanz, sondern ein Eiweiss-

körper und erscheint in um so grösserer Menge, je reichlicher durch Neutralisation und durch Salze aus der sauren Lösung fällbare Eiweisskörper vorhanden sind. Er färbt sich durch Einschliessen der vorerwähnten Tröpfchen milchweiss und bildet mit ihnen oft ein Coagulum, ähnlich dem, welches man durch Lab aus der Milch erhält, aber viel zerreiblicher, viel weniger zusammenhängend. Dies geschieht am leichtesten bei nur schwach saurer Reaction, ich habe es jedoch auch da wahrgenommen, wo noch eine nicht unbeträchtliche Menge von freier Säure vorhanden war. Bernard hat bereits darauf aufmerksam gemacht, dass sich dieser Niederschlag ziemlich fest an die Darmzotten anhängt und leitet davon ein längeres Verweilen des Chymus im Duodenum ab. In den Leçons de physiologie experimentale T. II (1856), p. 422 heisst es: „La partie celluleuse de l'aliment azoté qui a été dissoute par le suc gastrique est coagulée par la bile: on peut se convaincre de cela en filtrant le contenu de l'estomac chez un animal en digestion de viande. En ajoutant de la bile au liquide filtré, on obtient immediatement un précipité, ce qui n'a pas lieu quand la secretion du suc gastrique est excitée chez l'animal à jeun, ou que le suc gastrique a été mis en contact avec des matières non azotées, fécule, sucre ou graisse. Quand les aliments azotés passent de l'estomac au duodénum, il se forme un précipité jaunatre de toute la matière dissoute, qui adhère intimement aux villosités intestinales. La sécretion visqueuse des glandes duodénales favorise sans aucun doute encore cet arrêt des substances précipitées, retient en meme temps les matières non dissoutes et les fait séjourner plus longtemps dans le duodénum, comme pour leur faire subir d'une manière plus prolongée l'action des liquides digestifs qui s'y rencontrent."

Vergleicht man nun dies alles mit dem, was ich am Schlusse der ersten Abtheilung dieser Beiträge über Meissner's Parapepton gesagt habe, so wird man leicht einsehen, weshalb die Galle die Verdauung mittelst Pepsin so vollständig verhindert. Wenn schon die in der Flüssigkeit vertheilten, im höchsten Grade aufgequollenen Eiweisspartikeln derart zum Schrumpfen gebracht werden, dass sie sich in Form eines Niederschlages ausscheiden, so ist es wohl klar, dass das noch zusammenhängende Fibrin oder Eiweiss nicht in den

für die Auflösung geeigneten Zustand gerathen kann, und sich deshalb das in der Flüssigkeit enthaltene Pepsin, auch so weit es nicht mechanisch gebunden ist, unwirksam erweisen muss.

Jedes durch Zumischung von Galle zu einer Lösung von Verdauungsprodukten hervorgebrachte Präcipitat löst sich wieder auf, sobald die Flüssigkeit alkalisch gemacht wird. Man muss dies wohl vor Augen haben, wenn man die Rolle beurtheilt, welche die Galle beim Verdauungsprocesse spielt.

Die Galle bewirkt erstens, dass die Dauer der Pepsinverdauung nicht abhängig ist von der Reaction des Speisebreies. Wo die Galle nicht in den Darm gelangt, wird die Pepsinverdauung fortgehen bis durch das Zufliessen der übrigen Secrete die Säure so weit abgestumpft ist, dass sie für diese Art der Verdauung nicht mehr hinreicht; wo aber die Galle in den Darmkanal gelangt, sistirt sie die Pepsinverdauung sofort, auch wenn noch eine beträchtliche Menge von freier Säure vorhanden ist. Die Galle schlägt ferner den grössten Theil oder doch einen grossen Theil der eben im Magen gelösten Eiweisskörper nieder; aber man kann darum nicht sagen, dass die Arbeit des Magens theilweise vergebens gewesen sei, indem die Verdauung nun erst wieder beginnen und durch den Pankreassaft und den *Succus entericus* vollführt werden müsse: denn die Auflösung des niedergeschlagenen folgt ohne weiters aus der Alkalescenz und würde auch eintreten wenn das Alkali allein ohne die anderweitigen wirksamen Bestandtheile jener Secrete abgesondert würde, womit natürlich keineswegs behauptet werden soll, dass diese Bestandtheile nicht noch weitere Veränderungen auch in dem gelösten Theile der Eiweisskörper hervorbringen.

Anderseits wird die Galle, wenn sie, wie dies ja unter gewissen Umständen geschieht, in den Magen gelangt, auch hier die Pepsinverdauung aufheben und einen Niederschlag hervorbringen, und dieser Niederschlag wird durch das Pepsin nicht wieder gelöst werden, wohl wird er aber gelöst werden, wenn er in den Dünndarm gelangt und mit dessen alkalischem Inhalte dauernd in Berührung kommt.

IV. Wird das Pepsin bei der Verdauung zersetzt?

Schwann kam bei seinen Untersuchungen zu dem Resultate, dass bei der Verdauung Pepsin verbraucht, zersetzt werde. Er spricht darüber folgendermassen: „Es fragt sich nun: Bleibt das zweite verdauende Princip bei der Verdauung unverändert oder wird es zersetzt? und wenn das Letztere der Fall ist: Gehen die Produkte seiner Zersetzung Verbindungen ein mit den Zersetzungsprodukten der verdauten Materien oder nicht? Wenn es unverändert bleibt, so muss auch seine verdauende Kraft fortbestehen. Um dies zu untersuchen, wurde in die abgegossene Flüssigkeit aus dem vorigen fünften Gläschen, welches $^1/_2$ Proc. oder 0,6 Gran Verdauungsflüssigkeit auf $^1/_2$ Lth. sauren Wassers enthielt und schon etwas verdaut hatte, frisches Eiweiss gelegt, und daneben ein Gläschen gestellt, worin eben so viel frische Verdauungsflüssigkeit mit eben so viel saurem Wasser verdünnt war. Ferner wurde die Flüssigkeit aus dem vorigen dritten Gläschen, welche 4 Proc. oder 4,8 Gran Verdauungsflüssigkeit auf 120 Gran saures Wasser enthielt, nachdem sie eine Drachme Eiweiss verdaut hatte, abgegossen und ein paar neue Eiweissstückchen hineingelegt. Daneben wurde ein Gläschen gestellt, welches ebenfalls 4 Proc. Verdauungsflüssigkeit Nr. 1 mit saurem Wasser enthielt. Endlich wurden 12,5 Gran von der vorigen abgegossenen Flüssigkeit aus dem dritten Gläschen, welches 4,8 Gran Verdauungsflüssigkeit, $^1/_2$ Lth. Wasser und 1 Drachme verdautes Eiweiss enthielt, mit $^1/_2$ Lth. sauren Wasser vermischt. In dieser Flüssigkeit waren also 0,3 Gran der ursprünglichen Verdauungsflüssigkeit enthalten, daher wurde ein Gläschen mit 0,3 Gran Verdauungsflüssigkeit und $^1/_2$ Lth. saures Wasser ihm beigegeben. Nach 24 Stunden zeigte das Eiweiss in allen Gläschen eine beginnende aber geringe Chymification, und zwar war sie in den Gläschen, welche Verdauungsflüssigkeiten enthielten, die schon Eiweiss verdaut hatten, weit weniger vorgeschritten, wie in denen, welche frische Verdauungsflüssigkeit in demselben Grade der Verdünnung enthielten. Die Verdauungsflüssigkeit musste daher durch die Verdauung einen Theil ihrer verdauenden Kraft verloren haben, und es hatte sich auch bei der Verdauung aus dem Eiweiss nicht neues verdauendes Princip gebildet. Der Erfolg dieser Versuche liesse

sich noch daraus erklären, weil die eine Reihe von Flüssigkeiten schon Eiweiss aufgelöst enthielten und deshalb ihrer Concentration wegen zur ferneren Auflösung von Eiweiss nicht mehr geschickt wären. Dies würde sich zwar gegen den mittlern jener Versuche einwenden lassen, wo in $^1/_2$ Lth. Flüssigkeit 1 Drachme Eiweiss aufgelöst war: aber im dritten Versuch, so wie auch im ersten, war eine grosse Menge sauren Wassers im Ueberschuss vorhanden. Man hätte aber die erhaltenen Resultate noch dadurch erklären können, dass bei schon eingeleiteter Verdauung die Trennung der flüssigen Theile von den niedergeschlagenen (es entsteht bei der Verdauung eine milchige Trübung) die Verdauung eben so stört, wie die Weingährung durch Filtration gestört oder ganz zum Stillstehen gebracht wird. Ich nahm daher $^1/_2$ Lth. Verdauungsflüssigkeit Nr. 3 und in einem andern Gläschen 4,8 Gran Verdauungsflüssigkeit Nr. 1 mit $^1/_2$ Lth. sauren Wassers, brachte in beide ein wenig Eiweiss, doch nur so viel, dass nach der Verdauung desselben noch verdauendes Princip im Ueberschuss bleiben musste, und nachdem das Eiweiss durch 12stündige Digestion in beiden Gläschen ganz aufgelöst war, filtrirte ich die Flüssigkeiten und setzte ihnen dann neues Eiweiss zu. Nach 18 Stunden war in der verdünnten Verdauungsflüssigkeit Nr. 1 das Eiweiss zum Theil, aber nicht ganz aufgelöst. In der unverdünnten Verdauungsflüssigkeit Nr. 3 war es ganz aufgelöst. Filtration der in der Verdauung begriffenen Flüssigkeit stört also die Verdauung nicht, und das obige Resultat, dass das verdauende Princip bei der Verdauung des Eiweisses zersetzt wird und sich kein neues bildet, bleibt bestehen.“

Ich glaube aus diesen Versuchen, die stets als eine wesentliche Stütze der gangbaren Vorstellungen über den Verdauungsprocess gegolten haben, nicht den Schluss ziehen zu dürfen, den Schwann daraus gezogen hat. Es scheint mir, dass er zu wenig Gewicht gelegt habe auf den hindernden Einfluss, den gelöste Körper und als solche auch die Verdauungsprodukte auf die Verdauung ausüben. Dieser hindernde Einfluss kann durch Nachsäuern vermindert aber keinesweges aufgehoben werden. In den beschriebenen Versuchen wird aber auch dieses Nachsäuern vermisst. Das Zumischen von neuem

angesäuerten Wasser kann nicht dafür gelten, da nicht nur die absolute, sondern auch die relative Säuremenge gesteigert werden muss. Der *Säuregrad,* der für den guten Fortgang der Verdauung verlangt wird, ist ein höherer, wenn Verdauungsprodukte in der Flüssigkeit gelöst sind.

Von Julius Vogel wird ein Versuch erzählt [1]), aus dem er den Schluss zieht, dass das Pepsin durch den Verdauungsprocess nicht zerstört wird. Er löste zwei Gran des Pepsins, wie er es sich zu seiner Elementaranalyse bereitet hatte, in verdünnter Salzsäure auf, und verdaute damit Fleisch, von dem eine Portion nach der andern hineingelegt wurde, sobald die vorhergehende aufgelöst war, bis die letzte dem grössten Theile nach ungelöst blieb. Dann verdünnte er die Flüssigkeit mit Wasser und fällte sie mit essigsaurem Bleioxyd. Der Niederschlag wurde gewaschen und mit Schwefelwasserstoff zersetzt, die Lösung verdunstet und dann das Pepsin daraus auf die angeführte Weise durch Alkohol ausgefällt, wodurch 1,98 Gran Pepsin wieder erhalten wurden, welches auf ähnliche Weise angewandt, sein Vermögen behalten hatte mit Salzsäure Fleisch aufzulösen.

Man kann einwenden, dass Vogel weder reines Pepsin auflöste, noch reines Pepsin zurückerhielt, und somit seine Zahlen, nach denen nur ein Procent verloren gegangen sein sollte, nichts beweisen; ferner dass vielleicht die Masse der Verdauungsprodukte eine weitere Auflösung hinderte, während noch nicht alles Pepsin zersetzt war, und dass dieser Rest durch Fällen mit essigsaurem Blei wieder erhalten wurde. Ich habe indessen Versuche angestellt, die mich zu demselben Schluss wie Vogel führen und die, wie ich glaube, Einwände dieser Art nicht zulassen.

Ich liess eine grössere Menge von Ochsenblutfibrin, aus dem ich vorher das Wasser grösstentheils auspresste, in verdünnter Salzsäure vom Säuregrade = 1 vollständig aufquellen und that es darauf in ein Pulverglas, indem ich noch so viel von dem angesäuerten Wasser hinzufügte, dass die Oberfläche eben wurde. Die ganze Masse betrug, wie die nachherige Messung ergab, 550 Cubikcentimeter. Ein anderes

[1]) Berzelius' Jahresbericht. 23. Jahrgang. (Tübingen 1833.) Seite 606.

gleich grosses Pulverglas wurde bis zu derselben Höhe mit angesäuertem Wasser gefüllt und eine einzige gleichfalls vorher gequellte Fibrinflocke hineingeworfen. Darauf wurden in jedes der beiden Gläser noch zwei Cubikcentimeter Verdauungsflüssigkeit gegossen und dann umgeschüttelt: letzteres wurde später noch mehrmals wiederholt. Zur Auflösung der einen Fibrinflocke bedurfte es der Zeit von einer Stunde und zehn Minuten, und in dieser Zeit hatte sich auch die ganze Fibrinmasse in dem andern Glase gelöst.

Analysiren wir diesen Versuch für unseren Zweck.

Die Verdauungszeit war eine Stunde und zehn Minuten; die zugesetzte Verdauungsflüssigkeit aber, weniger verdünnt, verdaute eine Fibrinflocke in zehn Minuten. Es ist also klar, dass in unserem Falle die Langsamkeit der Verdauung davon herrührte, dass nur sehr wenig Pepsin in der Flüssigkeit enthalten war. Wurde dies durch die Verdauung aufgezehrt, so musste sich in dem Glase in dem die grosse Menge Fibrin war, die Verdauung je nach der Abnahme des Pepsins verlangsamen (vergleiche die erste Hälfte dieser Beiträge Abschnitt über Aufsuchung und Bestimmung des Pepsins) und nach völliger Vernichtung desselben stille stehen, während sie in dem andern Glase, in dem nur eine Fibrinflocke zu verdauen war, gleichmässig ihren Gang fortging; das war aber, wie wir gesehen haben, keineswegs der Fall.

Man könnte denken, es werde vielleicht verhältnissmässig wenig Pepsin zersetzt und die Folgen des Verlustes seien seiner Geringfügigkeit wegen nicht deutlich hervorgetreten. Ich stellte deshalb noch zwei ähnliche Versuche zusammen und wendete bei einem eine sehr grosse, bei dem andern eine sehr kleine Menge Pepsin an. Bei dem einen war die Verdauungszeit zehn Minuten, bei dem andern 9 Stunden; aber doch ging in beiden Fällen das in Masse zusammengehäufte Fibrin gleichen Gang mit der einzelnen Flocke.

Diese Versuche führen zu dem Resultate, dass die Verdauungszeit bei gleichem Procentgehalt der Flüssigkeiten an Pepsin unabhängig ist von der Menge des zu verdauenden Fibrins, wenn dieses vorher vollständig angequollen ist und Wasser und Säure in hinreichender Menge vorhanden sind, so dass durch den hindernden Ein-

fluss der gebildeten Verdauungsprodukte keine Verzögerung eintritt, und das Unmerklichwerden dieser Verzögerung in unserem Falle weist darauf hin, dass dieser hindernde Einfluss, den die Verdauungsprodukte ausüben, sich nicht sowohl dadurch geltend macht, dass die Pepsinwirkung beeinträchtigt wird, als vielmehr dadurch, dass die Quellung weniger schnell und vollkommen von Statten geht.

Durch Kochen coagulirtes Eiweiss eignet sich zu diesen Versuchen nicht, weil es nicht in seiner ganzen Masse wie das Fibrin aufquillt, sondern der Desaggregationsprocess langsam von der Oberfläche gegen das Innere hin fortschreitet. Dagegen habe ich mit Fibrin noch einen andern Versuch angestellt, der hier erwähnt werden muss. Es ist bekannt, dass man den hindernden Einfluss der Verdauungsprodukte durch Nachsäuern einigermassen beseitigen kann. Thut man dies aber mittelst Chlorwasserstoffsäure, so gelingt es nur innerhalb enger Grenzen, weil, wie bereits bekannt, die höheren Concentrationsgrade dieser Säure der Verdauung sehr ungünstig sind und keine gehörige Quellung des Fibrins zulassen. Anders verhält es sich mit der Phosphorsäure. Ich säuerte eine verdünnte Pepsinlösung mit dreibasischer Phosphorsäure an und warf nach und nach immer mehr zwischen den Händen ausgepresstes Fibrin hinein. Eine ziemliche Menge wurde verdaut, dann aber stand die Verdauung still und das hineingeworfene Fibrin quoll nicht mehr gehörig auf. Ich säuerte nun mit Phosphorsäure nach bis das Fibrin wieder vollständig aufquoll; dann wurde es auch wieder verdaut. Es wurde neues hineingeworfen, bei mangelhaftem Aufquellen wieder nachgesäuert und so fort. So konnte ich in verhältnissmässig kurzer Zeit bei gewöhnlicher Zimmerwärme eine grosse Menge von Fibrin in demselben Wasser und mit demselben Pepsin auflösen.

Auch in blosser verdünnter Phosphorsäure zerfällt das Fibrin langsam, ähnlich wie es auch in verdünnter Chlorwasserstoffsäure zerfällt (vergl. die erste Abtheilung dieser Beiträge Absch. I), aber dieser Process geht so langsam vor sich, dass er bei obigem Versuche zu keiner Täuschung Veranlassung geben konnte.

V. Die verdauende Substanz im Urin.

Da ich mich nicht hatte überzeugen können, dass das Pepsin der Verdauung zersetzt wird, so musste ich mir nothwendig die Fr stellen, wo denn dasselbe hingeht, nachdem es im lebenden Kö seinen Dienst gethan hat und mit dem Speisebrei in den Dünn gelangt ist. Bei seiner Neigung festen Theilchen zu adhäriren es wohl mehr als wahrscheinlich, dass es mit solchen theilwei die Fäces übergehen werde; andererseits konnte es aber auch Resorption unterliegen und dann in der Säftemasse zersetzt oder lich durch die Nieren ausgeschieden werden. Diese Betrachtu veranlassten mich zu untersuchen, ob sich Pepsin im Harn finde.

Der Weg hiezu war mir durch meine früheren Versuche be vorgezeichnet. Ich mischte den Harn so wie er gelassen war etwas verdünnter Phosphorsäure und stellte ihn an einen kühlen Nachdem ich auf diese Weise etwa ein paar Litre zusammengeb hatte, fällte ich das ganze mit Kalkwasser, colirte durch einen w ausgekochten Spitzbeutel und presste ab, nachdem auch der Pre vorher sorgfältig ausgekocht war. Von der so erhaltenen L wurde der grösste Theil in verdünnter Chlorwasserstoffsäure aufg eine Probe mit verdünnter Phosphorsäure und eine andere mit concentrirten Lösung von Oxalsäure zersetzt. Die sämmtlichen diese Weise erhaltenen Flüssigkeiten verdauten, nachdem sie so verdünnt und auf solchen Säuregrad gebracht waren, dass die hi geworfenen Fibrinflocken gut aufquollen. Die Wirkung war äu langsam, erst nach 4, 8 ja 12 Stunden deutlich, aber nichts weniger wurde jedesmal die Fibrinflocke vollständig aufgelöst, wä die des daneben gestellten Gegenversuches noch ganz unverä war. Versuch und Gegenversuch wurden dabei immer so angeo dass ich die Flüssigkeit, nachdem sie fertig gemischt war, in Reagirgläser vertheilte, wovon das eine dann bis zum Sieden Flüssigkeit erhitzt wurde. Nach dem Abkühlen warf ich in Flüssigkeiten Fibrinflocken, die ungekochte diente zum Versuch, gekochte zum Gegenversuch [1]).

[1]) Für diejenigen, welche meine Versuche wiederholen wollen, muss ich merken, dass es eine Mischung aus Wasser, Salzsäure, freier Phosphorsäu

Als ich eine grössere Quantität Fibrin auf diese Weise verdaute und die bei der Auflösung entstandenen Produkte untersuchte, fiel es mir anfangs auf, dass ich ein sehr starkes Neutralisations-Präcipitat (vergleiche erste Abtheilung dieser Beiträge III. Ueber die Produkte, welche Hühnereiweiss und Blutfibrin bei der Verdauung geben) und dann beim Kochen des Filtrats nur sehr wenig coagulirbares Eiweiss erhielt; ich fand aber später, dass dies auch bei Anwendung des Pepsins der Labdrüsen der Fall war, wenn ich es so weit verdünnte, dass es nicht schneller wirkte, als dies beim vorbeschriebenen Versuche der Fall war, so dass sich dann kein Unterschied auffinden liess zwischen den Verdauungsprodukten, welche mit dem verdauenden Princip der Labdrüsen und denen, welche mit dem verdauenden Principe des Urins erhalten waren.

Es wurden nun auch Versuche mit geronnenem Eiweiss, sowohl bei der Zimmertemperatur als auch im Brütofen bei 36 — 40° Celsius angestellt. Das Eiweiss war theils durch Coaguliren von neutralisirtem Hühnereiweiss gewonnen, theils indem ich sehr dünne Schnitte von dem Weissen eines hart gekochten Eies machte.

In allen diesen Fällen waren die Resultate in vollem Einklange mit dem, was die mit Fibrin angestellten Proben ergeben hatten. Die Verdauung ging langsam, wie dies bei äusserst geringen Pepsinmengen stets der Fall ist, aber vollkommen regelmässig von Statten. Wenn man hier erst nach Tagen die Erfolge eintreten sah, die bei kräftigen Verdauungsflüssigkeiten kaum eben so viel Stunden auf sich warten lassen, so änderte das an der Sicherheit der Beobachtung nichts, da die Controlgläser mit den gekochten Flüssigkeiten daneben standen

---

phosphorsaurem Kalk giebt, welche das Fibrin entschieden schneller löst, als blosse verdünnte Salzsäure. Schon nach 18 Stunden findet man bei gewöhnlicher Zimmerwärme die Fibrinflocke so weit verändert, dass sie beim Umschütteln in eine Menge kleiner Flocken zerfällt. Ich habe die Zahlenverhältnisse für diese Mischung noch nicht ermittelt. In den im Text mitgetheilten Versuchen konnte ihre auflösende Eigenschaft schon deshalb nicht zu Irrthümern Veranlassung geben, weil sie nicht wie die der Pepsinlösungen durch die Siedhitze zerstört wird. Ueberdies wurden Versuche ganz ohne Salzsäure angestellt und solche, bei denen der Kalk vollständig mit Oxalsäure ausgefällt war.

und sich das Eiweiss in ihnen stets noch unverändert zeigte. Das erste Zeichen der Verdauung ist, wenn man Schnitte geronnenen Eiweisses anwendet, bekanntlich das Durchscheinendwerden der Ränder; wendet man es in Flocken an, so ist das erste Zeichen ein Opalisiren der aufgerüttelten Flüssigkeit, während da, wo keine Verdauung stattfindet, auch nach starkem Umschütteln die Flocken in einer vollkommen klaren Flüssigkeit umherschwimmen. Dieses Zeichen war bei den in der Blutwärme angestellten Versuchen schon nach 6—12 Stunden deutlich, bei den in der Zimmerwärme angestellten erst am dritten Tage. Von da ab schritt die Lösung langsam aber stetig vorwärts.

Ich habe oben erwähnt, dass ich den grössten Theil des im Spitzbeutel gebliebenen Rückstandes in verdünnter Chlorwasserstoffsäure gelöst hatte. Ein Theil der so erhaltenen Flüssigkeit war bei den eben beschriebenen Versuchen verbraucht worden. Den noch übrigen grösseren versetzte ich wieder mit Kalkwasser nicht bis zur völligen Sättigung, aber doch so weit, dass sich wiederum ein ziemlich reichlicher Niederschlag von $PO_5 + 3\,CaO$ gebildet hatte. Diesen sammelte ich auf einem Filtrum und bereitete daraus auf dieselbe Art wie früher neue Verdauungsflüssigkeiten. Sie wirkten um etwas rascher als die früheren. Es war also die verdauende Substanz durch den phosphorsauren Kalk wieder mit niedergerissen worden, ganz so wie wir dies auch bei dem Pepsin der Labdrüsen zu sehen gewohnt waren.

Ich wollte nun noch untersuchen, ob der verdauende Stoff im Urin auch in derselben Weise wie das Pepsin der Labdrüsen von Kohle aufgenommen werde. Ich schüttelte deshalb eine Portion dieser neuen Verdauungsflüssigkeit mit Thierkohle, liess sie bis zum andern Tage unter öfterem Umschütteln stehen und filtrirte sie dann. Das Filtrat zeigte keine Spur von verdauender Kraft.

Mit dem Urin eines zweiten Individuums wurden ganz dieselben Versuche angestellt und gaben ganz dasselbe Resultat.

Wenn man einmal weiss, dass im Urin eine verdauende Substanz enthalten ist, so kann man ihre Wirkung sogar an diesem selbst beobachten. Man werfe in eine Portion ganz frisch gelassenen und filtrir-

ten Urins eine Fibrinflocke und füge in kleinen Portionen so lange Phosphorsäure hinzu bis die Fibrinflocke durch weiteres Hinzufügen nicht mehr stärker aufquillt. Dieses Gemisch vertheilt man, indem man die Fibrinflocke zurücklässt, in zwei Reagirgläser und erhitzt das eine bis die Flüssigkeit darin siedet. Nachdem sie erkaltet ist, wirft man in beide Gläser Fibrinflocken. Nach 3—6 Tagen wird man bemerken, dass sich die Fibrinflocke in der nicht gekochten Flüssigkeit auflöst, während die in der gekochten unverändert bleibt.

Eine Substanz, welche die Milch zum Gerinnen bringt, wie es das Kälberlab thut, habe ich bis jetzt nicht aus dem Urin erhalten können. Ich habe es auf verschiedene Art versucht, durch Schütteln mit Kohle, durch Schütteln mit phosphorsaurem Kalk und endlich mittelst Cholesterins in der Weise, wie ich dasselbe früher benützt hatte, um Pepsin aus seinen Lösungen aufzufangen. Ich habe mich auch zugleich durch Gegenversuche überzeugt, dass bei Anwendung der neutralen Substanz, und andere habe ich vorsichtshalber niemals angewendet, viel grössere Mengen von Lab nöthig sind, um die Anwesenheit desselben durch die Coagulation der Milch zu erkennen als man braucht, um kleine Mengen von Fibrin und Eiweiss zu verdauen. Es liess sich dies schon nach den Versuchen erwarten, welche Schwann über die coagulirende Wirkung der von ihm bereiteten Verdauungsflüssigkeit mitgetheilt hatte [1]).

Uebrigens würde auch ein positives Resultat für unseren Zweck nur von untergeordneter Bedeutung gewesen sein, da man nicht sicher weiss, ob das coagulirende Princip im Lab identisch ist mit dem verdauenden. Dieser Annahme stehen noch mehrfache Angaben entgegen, nach welchen gut verdauende Magenschleimhäute sich der Milch gegenüber vollkommen wirkungslos erwiesen.

Da die chemischen Charaktere des Pepsins vollkommen unbekannt sind, so konnte ich auch nicht auf chemischem Wege untersuchen ob die verdauende Substanz im Urin mit der des Magensaftes identisch

---

[1]) Johann Müller's Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin. Jahrg. 1836, pag. 127.

ist. Ich suchte deshalb mich der Entscheidung dieser Frage auf einem anderen Wege etwas zu nähern. Ist das Pepsin überhaupt in der Säftemasse verbreitet; so ist es klar, dass es auch in den Urin übergehen kann, gerade so wie andere lösliche Substanzen, die auch keine Excretionsstoffe im engeren Sinne des Wortes sind, wie z. B. der Zucker, normaler Weise in kleinen Mengen in den Urin übergehen. Findet sich dagegen das Pepsin oder, wie wir vorläufig sagen dürfen, eine unter analogen Umständen verdauende Substanz in der Säftemasse nicht, so muss die verdauende Substanz des Urins von den Nieren oder irgend welchen der anderen Drüsen, welche ihr Secret in die Harnwege ergiessen, bereitet und abgesondert werden und man kann sie dann nicht mehr von dem, was aus dem Chymus resorbirt wurde, ableiten.

VI. Die verdauende Substanz im Fleische.

Unter den Flüssigkeiten, die ich, um unsere Frage zu entscheiden, hätte auf Pepsin untersuchen können, wählte ich zuerst den Fleischsaft, indem mir immer die Aehnlichkeit zwischen der Auflösung des Fleisches in sehr verdünnter Chlorwasserstoffsäure und der künstlichen Verdauungsprocesse aufgefallen war.

Ich presste also vier Pfund Rindfleisch zerhackt und mit etwas Wasser angerührt unter der Schraubenpresse aus, nachdem der Fleischtopf wohl ausgekocht worden war. Die Flüssigkeit wurde mit Phosphorsäure versetzt und dann mit Kalkwasser gefällt. Der auf dem Spitzbeutel gesammelte Niederschlag wurde in verdünnter Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, in einer Flasche mit der oben beschriebenen Lösung von Cholesterin in Aetheralkohol versetzt und anhaltend mit dem ausgeschiedenen Cholesterin geschüttelt. Nachdem dieses vom grössten Theil der Flüssigkeit getrennt war, wurde es wiederum in ein Pulverglas geleert, durch Schütteln mit Aether aufgelöst und durch mehrmaliges Abgiessen und Erneuern desselben endlich ganz entfernt. Die zurückbleibende wässerige Flüssigkeit nun zeigte mit Salzsäure oder Phosphorsäure angesäuert schwache aber ganz entschieden verdauende Eigenschaften.

Die beginnende Verdauung war schon nach fünf bis sechs St

den kenntlich und im Laufe des andern Tages lösten sich die Fibrinflocken schon vollständig auf. Versuche und Gegenversuche wurden hier ganz so angestellt, wie ich es früher gethan hatte, als ich den Urin auf Pepsin untersuchte.

Ich presste nun zur Controle noch einmal vier Pfund Rindfleisch in derselben Weise aus und schüttelte den Saft mit frisch gefälltem und ausgewaschenem noch feuchtem basisch phosphorsaurem Kalk. Darauf filtrirte ich und löste den Filterrückstand in verdünnter Chlorwasserstoffsäure auf. Ich erhielt dadurch wiederum eine verdauende Flüssigkeit. Eine hineingeworfene Fibrinflocke löste sich noch im Laufe desselben Tages auf. Auch mittelst durch Hitze coagulirtem Eiweiss wurde diese Flüssigkeit so wie auch die vorerwähnte geprüft und die verdauende Wirkung liess sich nicht allein bei 38° Cels., sondern auch bei der gewöhnlichen Zimmerwärme nachweisen. Ich befinde mich mit diesen Angaben über ein verdauendes Princip im Fleischsaft in so fern im Widerspruch mit Schwann, als derselbe vergebens nach einem solchen suchte, nachdem er sich die Frage gestellt hatte, ob das Pepsin mit dem Osmazom der damaligen Chemie identisch sei. Man muss aber wohl bedenken, dass Schwann das zerhackte Rindfleisch nur in der Kälte mit Wasser stehen liess und dann nach sechs Stunden den so erhaltenen wässerigen Auszug ansäuerte und auf seine verdauenden Eigenschaften prüfte, während ich die Mittel besass, das verdauende Princip zu concentriren und von einem grossen Theile der beigemengten Substanzen zu trennen.

XV.

Ueber den feineren Bau der Leber.

Von

Johann Andrejević,

aus Novisad (Neusatz).

(Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität [1]).

Da in der neueren Zeit wieder mehrfache Beschreibungen des feineren Baues der Leber gegeben sind, welche in Rücksicht auf das Verhältniss der feinsten Gallengänge zu den Leberzellen wesentlich von einander abweichen, so habe ich diesen Gegenstand einer erneuerten Untersuchung unterworfen.

Ich werde einfach beschreiben, was ich gesehen habe, indem ich im vorhinein bemerke, dass es unter den vorerwähnten Beschreibungen die von Prof. Budge in Reichert und du Bois' Archiv gegebene ist, mit welcher meine Resultate am meisten übereinstimmen.

Die zu untersuchenden Lebern wurden gleichzeitig mit zwei verschieden gefärbten Massen injicirt und zwar die Blutgefässe mit Leim, Cochenille-Carmin und Ammoniak nach der bekannten Methode von Gerlach; die Gallengefässe mit Leim und löslichem Berlinerblau. Nach der Injection wurden sie sofort in starken Weingeist geworfen, am andern Tage die besten Stücke herausgeschnitten, in neuen Weingeist gelegt und hierin so lange gelassen bis sie hart genug waren,

[1]) Aus den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

um feine Schnitte zu machen. Diese wurden theils mit Glycerin, theils mit Terpentinöl, theils mit Benzin durchsichtig gemacht und so untersucht.

Die Lebern wurden in ganz frischem Zustande vom Kaninchen, Igel und Meerschwein hergenommen; ihr Bau stimmt natürlich im Allgemeinen überein. Die nachfolgende Beschreibung ist zunächst nach Präparaten von Kaninchenlebern entworfen.

Die Blutcapillaren jedes einzelnen Lobulus bilden lange Maschen, deren grösster Durchmesser stets von der *Vena intralobularis* gegen die Oberfläche des Lobulus gerichtet ist und der Raum zwischen diesen Capillaren ist, abgesehen von den später zu beschreibenden Gallengängen, von den Leberzellen ausgefüllt. Das Ansehen der letzteren ist bekannt, sie liegen, polyëdrisch gegen einander abgeplattet, eine neben der anderen, und die säulenförmigen Stücke, welche man beim Zerzupfen des Lebergewebes zu erhalten pflegt, entsprechen den Füllungen der länglichen Zwischenräume zwischen den Blutcapillaren.

In ihnen und somit in der ganzen Leber giebt es keine einzige Leberzelle, welche nicht mit einer Seite einem Blutgefäss anläge. Hiervon überzeugt man sich am besten an Lebern, deren Blutgefässe injicirt sind, durch Durchschnitte, welche der Oberfläche des Lobulus parallel gehen, weil auf ihnen immer eine grosse Menge von Capillaren quer durchschnitten ist, so dass man die Anordnung der Leberzellen um dieselben gut übersehen kann.

Bei der Beschreibung der Gallencanäle werde ich rückwärts gegen den Lauf der Galle fortschreiten, indem ich mit den zwischen den Lobulis verlaufenden gröberen Gängen den Anfang mache. Es wird häufig so dargestellt, als ob man auf dem Durchsnitte *stets einen* Gallengang wahrnähme, welcher sich auf der Grenzlinie zwischen zwei Läppchen hinzieht. Dies ist aber durchaus unrichtig. Es ist schon an und für sich klar, dass wenn hier nur ein Gang vorhanden wäre, er nicht gerade immer in den Schnitt fallen würde. In der That und Wahrheit nun sieht man immer mehrere Gänge, von denen sich in der Regel zwei, einer dem einen, der andere dem andern Lobulus angehörend, durch ihre Grösse auszeichnen: sie sind natürlich bald der Länge, bald der Quere nach, bald schräg durch-

schnitten, so dass bald grössere, bald kleinere Stücke zur Ansicht kommen. Sie verlaufen keineswegs gerade, sondern oft in starken Krümmungen und theilen sich schon in den Interlobularräumen dichotomisch.

Von diesen Gefässen nun dringen Aeste von allen Seiten in den Lobulus hinein, welche ihren baumförmig verzweigten Charakter bis zu einer grösseren oder geringeren Tiefe beibehalten, und dann in ein feines Netz zerfallen, welches sich durch den ganzen Lobulus erstreckt und dessen Fäden da, wo ich ihre Lage ermitteln konnte, den Kanten, die Knotenpunkte den Ecken der Leberzellen anlagen. Es verlaufen jedoch nicht auf allen Kanten der Zellen Gallenkanäle. An den Kanten, welche einem Blutgefässe unmittelbar anliegen, finden sich keine, indem jeder kleinste Gallengang ohne Ausnahme ringsum von Leberzellen eingeschlossen ist. Ebenso habe ich niemals einen Gallengang gegen ein Capillargefäss verlaufen und an demselben blind endigen sehen. Zwischen den Kanten also, welche senkrecht auf die Wand eines Blutgefässes stossen, liegen auch keine Gallengänge. Hiermit hängt das charakteristische Aussehen zusammen, welches einerseits Schnitte zeigen, welche parallel mit der Oberfläche eines Lobulus geführt sind, andererseits solche, deren Schnittrichtung senkrecht dagegen gestellt ist. Wegen der länglichen Gestalt der Blutgefässmaschen sind in den Schnitten ersterer Art bei weitem die meisten Blutgefässe quer durchschnitten, so dass sie als runde rothe Flecke erscheinen, welche von den zierlichen blauen Kränzen der Gallengänge umkreist werden. Bei den Schnitten dagegen, welche man senkrecht auf die Oberfläche des Läppchens gegen die *Vena intralobularis* hingeführt hat, sind die meisten Blutgefässe der Länge nach geschnitten. Man sieht sie hier wie parallele rothe Balken und zwischen ihnen die Leberzellen mit den polygonalen Maschen der blau injicirten Gallenkanäle. Diese feinsten Gallenkanäle haben eine Dicke von $^1/_{680}$ bis $^1/_{660}$ Millimeter.

Obgleich ihre Lage ganz der der Intercellulargänge eines Pflanzenparenchyms entspricht, so haben sie doch keineswegs die unregelmässige kantige Gestalt eines solchen Systems von Intercellularräumen; sie sind im injicirten Zustande vollkommen drehrund und meist

von durchweg gleicher Dicke; selbst an den Knotenpunkten nimmt man keine Anschwellungen wahr. Wenn dies alles nun auf das Vorhandensein einer *Membrana propria* schliessen lässt, so muss ich doch andererseits erwähnen, dass es mir niemals gelungen ist, dieselbe isolirt darzustellen. So weit die Gallenkanäle das baumförmig verzweigte Ansehen zeigen, sieht man ihre Wand recht gut, aussen am Lobulus auch das Bindegewebe, worin sie eingebettet sind. An den feinsten netzförmigen Gängen aber, welche wie beschrieben, zwischen den einzelnen Leberzellen liegen, lässt sich nicht mehr mit Sicherheit eine besondere Membran unterscheiden. Ich habe versucht die Zellen mittelst Verdauungsflüssigkeit aufzulösen, habe aber auch dann an den einzelnen frei herumschwimmenden Stückchen von blauem Geäst zwar vollkommen scharfe Begrenzung, aber keine *Membrana propria* erkennen können.

Bei der ausserordentlichen Zartheit des zu untersuchenden Gegenstandes beweist dies alles keineswegs die Abwesenheit einer *Membrana propria* der feinsten Gänge, und die Frage, ob dieselbe existire oder nicht, muss als eine offene betrachtet werden. Alles, was man darüber sagen kann, ist: Ihre Existenz hat viel Wahrscheinlichkeit für sich, aber der directe Nachweis fehlt.

XVI.

Ueber den secundären Widerstand, ein durch den Strom bewirktes Widerstandsphänomen an feuchten porösen Körpern.

Von

E. du Bois-Reymond [1]).

---

§. 1. Einleitung.

In meiner ersten Mittheilung über die innere Polarisation porö mit Elektrolyten getränkter Halbleiter [2]) habe ich es zweifelhaft lassen, ob diese Polarisation im Kreise der Säule selber, die sie h vorrief, mit gewöhnlichen Hülfsmitteln bemerkt werden könne. I hatte damals besondere Beobachtungen über den Gang des ursprü lichen Stromes während des Polarisirens, nach dem Entladen u. s. noch nicht angestellt. Meist hielt ich den Strom nicht länger g schlossen als nöthig war um zu entscheiden, ob der ihm ausgeset feuchte poröse Körper innere Polarisation in bemerkbarem Grade a nehme oder nicht, wozu wenige Minuten ausreichten. Auch bef sich im ursprünglichen Kreise, zur Aufsicht über die Säule, nur Vertical-Galvanoskop von Siemens und Halske, wie sie in Telegraphenbureaus angewendet werden. Allein es war mir unter sen Umständen bereits eine räthselhafte Erscheinung aufgestossen,

---

[1]) Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus den Monatsberichten der Königl. Preu Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 20. December 1860.

[2]) Bd. IV. dieser Zeitschrift, 1858. S. 158.

zu weiteren Nachforschungen aufforderte. Es zeigte sich nämlich häufig, bei Gegenwart der innerlich polarisirbaren Körper im Kreise, dass der ursprüngliche Strom, trotz den sorgfältigsten Vorkehrungen, nicht beständig blieb. Sobald ich die Kette irgend länger geschlossen liess, sank die Ablenkung an dem Vertical-Galvanoskop um einen oft sehr ansehnlichen Bruchtheil, näherte sich aber wieder ihrem ursprünglichen Werthe, wenn die Kette einige Zeit offen gehalten wurde. Die Schwächung des Stromes, die bei längerer Schliessung eintrat, war meist viel zu beträchtlich, um sie auf die elektromotorische Gegenkraft der inneren Polarisation beziehen zu können, wollte man nicht dieser Kraft, während der Dauer des ursprünglichen Stromes, eine beispiellose Grösse, und nach Aufhören desselben, eine ebenso beispiellose Flüchtigkeit beimessen. Und doch war nichts leichter, als sich davon zu überzeugen, dass die Unbeständigkeit des Stromes allein von der Gegenwart der feuchten porösen Körper im Kreise herrührte. Wurden die mit gesättigter schwefelsaurer Kupferoxydlösung gefüllten Zuleitungsgefässe, worin die Kupferelektroden der Säule tauchten, unmittelbar durch ein mit derselben Lösung gefülltes Schliessungsrohr, oder die mit jener Lösung getränkten Zuleitungsbäusche durch einen eben solchen Schliessungsbausch verbunden, so sah man die Nadel, so lange und so genau als nur zu erwarten war, auf dem Theilstrich verharren auf den sie sich nach ihren ersten Schwingungen eingestellt hatte.

Um diesen Umstand aufzuklären und um zugleich der inneren Polarisation in dem ursprünglichen Kreise selber nachzugehen, wurde jetzt in diesen Kreis, anstatt des Vertical-Galvanoskops, die früher [1]) erwähnte Wiedemann'sche Bussole mit magnetischem Spiegel, dämpfender Kupferhülse und verschiebbaren Rollen aufgenommen. Diese Art von Bussolen eignet sich, der darin stattfindenden starken Dämpfung halber, ganz besonders dazu, den Gang eines unbeständigen Stromes zu verfolgen, während der grosse Spielraum ihrer Empfindlichkeit hier gleichfalls von Nutzen wird. Auch ist es gelegentlich von grossem Vortheil, dass man beiderseits vom Spiegel eine Rolle,

[1]) Bd. VII. d. Z., 1860. S. 128.

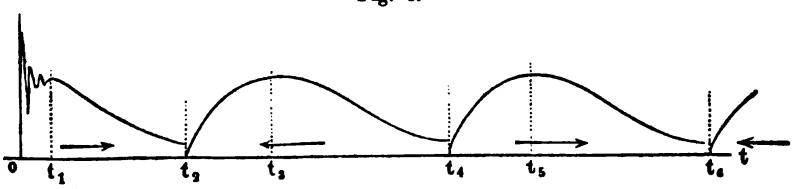
ja, wenn man will, mehrere Rollen hintereinander anbringen, und so, ohne das Auge vom Fernrohr zu wenden, mittels einer passenden Schaltung abwechselnd den Strömungsvorgang in zweien, beziehlich mehreren Kreisen überwachen kann. Die Bussole war bei diesen Versuchen gewöhnlich mit nur wenigen Windungen (53 oder 106) versehen. Ein Pohl'scher Stromwender wurde ferner so angebracht, dass er die Richtung des Stromes in den Zuleitungsgefässen und den dazwischen befindlichen feuchten porösen Körpern umkehrte, während sie in der Bussole dieselbe blieb. Er war an den Tisch befestigt, und seine Wippe drehte sich, wie stets an meinen Stromwendern, um eine feste Achse, so dass die Zeit zwischen dem Oeffnen des Stromes in der einen und dem erneuten Schliessen desselben in der anderen Richtung nicht nur durch passende Anfüllung der Quecksilbernäpfe, sondern auch durch rasche Bewegung der Wippe möglichst klein gemacht werden konnte. Bei der langen Dauer vieler der folgenden Versuche war es nothwendig, sich überzeugen zu können, dass die Säule an sich beständig geblieben sei. Dies geschah mit Hülfe einer Schaltung, welche an Stelle der Zuleitungsgefässe und des zwischen denselben befindlichen feuchten porösen Körpers, einen solchen metallischen Widerstand in den Kreis der Säule und der Bussole und zugleich eine solche Nebenschliessung zu letzterer anbrachte, dass die Ablenkung eine angemessene Grösse besass.

Mit diesen vollkommneren Mitteln bestätigte ich nun zunächst die Thatsache, dass bei Abwesenheit eines feuchten porösen Körpers im Kreise, wenn entweder die Bäusche einander berührten, oder ein Schliessungsrohr die Zuleitungsgefässe verband, der Strom ganz beständig blieb. Nicht nur sank die Ablenkung nicht, auch bei noch so langer Dauer der Schliessung, innerhalb der durch die Natur der Dinge gesteckten Grenzen, sondern man sah sie anfangs sogar bis zu einem gewissen Punkte wachsen, unstreitig in Folge der mit der Hand fühlbaren Erwärmung des Schliessungs-Rohres oder -Bausches. Wurde die Wippe umgelegt, so sah man den Spiegel um ein paar Scalentheile zurückweichen, und dann äusserst nahe wieder seine vorige Stellung einnehmen. Kupfer in gesättigter schwefelsaurer Kupferoxydlösung ist zwar der Polarisation nicht ganz un-

fähig [1]); allein diese Polarisation ist doch zu klein, als dass der daraus entspringende Zuwachs an elektromotorischer Kraft in den ersten Augenblicken nach der Umkehr des Stromes in den Zuleitungsgefässen, selbst bei nur Einer Grove'schen Kette im Kreise, vermocht hätte, den Ausfall an ablenkenden Kräften während des Umlegens der Wippe zu decken, geschweige zu überwiegen.

Um die Erscheinung, um die es sich im Folgenden handeln wird, sofort in deutlichster Ausprägung und in ihrer ganzen Grösse kennen zu lernen, denke man sich jetzt zwischen die Zuleitungsbäusche ein Prisma aus hart gesottenem Eiweiss [2]) von den üblichen Massen [3]) gebracht, und eine zwanziggliederige Grove'sche Säule durch dasselbe geschlossen. Fig. 1 ist bestimmt, den Gang der Erscheinungen unter diesen Umständen zu versinnlichen. Die Abscissenachse $0t$ stellt darin die Zeit vor, die Ordinaten bedeuten in Scalentheilen ausgedrückte, der Stromstärke proportionale Spiegelablenkungen.

Fig. 1.



Bei der Abscisse Null wird die Kette geschlossen. Nachdem der Spiegel sich beruhigt hat, erscheint die Ablenkung in den ersten Augenblicken manchmal beständig, anderemale wächst sie sogar, meist jedoch findet man sie sogleich im Sinken begriffen. Dies Sinken ist entweder anfangs noch langsam, und wird erst mit der Zeit geschwinder, oder es geht gleich von vorn herein mit reissender Schnelle vor sich. Allmählig indess wird in allen Fällen das Sinken langsamer,

[1]) Bd. VII. d. Z., S. 122. 136. 156.

[2]) Ich verschaffe mir ein solches, indem ich Eiweiss in geölten Reagirgläsern im Wasserbade zum Gerinnen bringe, den Boden des Glases zertrümmere, und den Eiweisscylinder mittelst eines Stempels ausstosse. (Vergl. Bd. IV. d. Z., S. 170.

[3]) Bd. IV. d. Z., S. 163.

und endlich, oft erst nach 10—20 und noch mehr Minuten ist eine beständige Ablenkung erreicht. Jetzt ist von der ursprünglichen Stromstärke, wie man sie aus dem ersten Hin- und Hergang des Scalenbildes folgern kann, oft nicht mehr als der *zehnte* Theil übrig, wie man bei t_2 in der Figur sieht.

Wird nun die Wippe umgelegt, wie der Pfeil in der Figur andeutet, so könnte man erwarten, einen mächtigen Ausschlag erfolgen zu sehen, da es scheint als habe sich in dem Kreise eine bedeutende elektromotorische Gegenkraft entwickelt. Man sagt sich indessen schon, wie unwahrscheinlich es sei, dass dieselbe in einer 50^{mm} langen Strecke geronnenen Eiweisses der Kraft von achtzehn Grove'schen Gliedern gleichkommen solle. Der Versuch liefert denn auch ein ganz anderes Ergebniss. Man beobachtet nämlich im Augenblick des Umlegens nur einen kleinen negativen Ausschlag, der von dem Ausfall an ablenkenden Kräften während des Umlegens herrührt (S. die Figur bei t_2). Von der inneren Polarisation wird also, trotz der langen Dauer der Durchströmung, nichts bemerkbar, was sich leicht erklärt, wenn man die grosse elektromotorische Kraft der Säule erwägt. Unmittelbar darauf aber ist die Ablenkung in *langsamem Wachsen* begriffen, der Art, dass, wenn die ursprüngliche Ablenkung einige Hundert Scalentheile betrug, in der Secunde anfangs etwa 10, zuletzt nur noch in der Minute so viel Scalentheile am Faden vorbeiziehen. In Folge dieses Wachsens erreicht die Ablenkung bei t_3 zuletzt ungefähr die nämliche Grösse wieder, die sie bei t_1, unmittelbar nach der ersten Schliessung des Kreises, besass. Allein abermals verweilt sie nur einen Augenblick auf dieser Höhe. Sofort beginnt das Sinken von Neuem, und findet zuerst langsam, dann schnell, dann wieder langsam statt, bis abermals die Ablenkung (bei t_4) einen unteren Grenzwerth erreicht hat, wo denn abermaliges Umlegen abermals langsames Wachsen der Stromstärke hervorruft. Und so kann man, so oft als die Natur der Dinge es zulässt, diesen Wechsel der Erscheinungen beobachten.

Die nähere Ursache derselben ist nicht schwer anzugeben. Was das in einigen Fällen anfänglich bemerkbare Steigen der Ablenkung

betrifft, welches sich andere Male nur als eine Verzögerung des bald überhand nehmenden Sinkens kundgiebt, so ist dasselbe wohl einerlei mit dem Steigen, welches man auch ohne das Eiweissprisma, beim Schliessen des Kreises durch ein mit der Kupferlösung gefülltes Rohr, wahrnimmt, d. h. es ist auf die Verminderung des Widerstandes der Elektrolyte durch Erwärmung zu schieben. Das darauf folgende Sinken aber, die Erscheinung also, die uns ursprünglich aufgefallen ist, kann von nichts herrühren, als von einem Widerstand, den der Strom in der einen Richtung in dem Eiweiss entwickelt und den der Strom in der anderen Richtung wieder aufhebt. Dies folgt unwiderleglich aus der Wirkung des Umlegens der Wippe. Jenes so höchst sonderbare langsame Wiederanwachsen der Stromstärke lässt sich nur auf diese Art begreifen, während, wie schon bemerkt, der Erfolg im Fall einer elektromotorischen Gegenkraft, die den Grund des Sinkens enthielte, ein ganz anderer sein müsste.

Wir wollen diesen durch den Strom erzeugten Widerstand der Kürze halber den *secundären Widerstand* nennen, womit gar nichts über seine weitere Ursache ausgesagt, sondern nur sein Auftreten unter denselben Umständen angedeutet wird, unter welchen in manchen feuchten porösen Körpern secundär-elektromotorische Kräfte entstehen. Man begreift, von welcher Wichtigkeit diese Erscheinung im Gebiete der Elektrophysiologie werden kann, da sie, unter gewissen Voraussetzungen, die Möglichkeit beständiger Ströme in den thierisch-elektrischen und in den elektrischen Reiz-Versuchen ausschliessen würde. Ich habe mich daher genöthigt gesehen, wie schon die Polarisation an der Grenze der Elektrolyte und die innere Polarisation der feuchten porösen Halbleiter, auch noch den secundären Widerstand, soweit es für diesen Zweck erforderlich war, zu ergründen: ein Geschäft, welches sich leider als eines der schwierigsten und, wegen der Dauer und Einförmigkeit der Versuche, auch der mühseligsten unter allen erwies, die mir im Lauf meiner Untersuchungen zugefallen sind. Nur die praktische Bedeutung der schliesslich hier aufgedeckten, an sich sehr unscheinbaren Thatsachen, für die Elektrophysiologie, kann mich mit den Opfern an Zeit und an Arbeitskraft, die ich diesem widerspenstigen Gegenstande habe bringen müssen, etwas aussöhnen.

§. II. Von den feuchten porösen Körpern, welche den secundären Widerstand zeigen.

Wir beginnen damit, uns eine Uebersicht über die feuchten porösen Körper zu verschaffen, die den secundären Widerstand zeigen. Den zu untersuchenden Körpern wurde die Gestalt eines Prisma's, wo es anging, von den schon erwähnten Massen (S. oben S. 33) ertheilt. Dies Prisma wurde zwischen die mit schwefelsaurer Kupferoxydlösung getränkten Zuleitungsbäusche gebracht, und von Grundfläche zu Grundfläche dem Strome der zwanziggliederigen Grove'schen Säule ausgesetzt. Auf die Fähigkeit der Substanz, secundären Widerstand anzunehmen, wurde stets erst geschlossen, wenn das charakteristische langsame Wachsen der Stromstärke nach dem Umlegen der Wippe mindestens einmal bei jeder Richtung des Stromes beobachtet worden war.

Der Gesichtspunkt, der sich hier für die Untersuchung darbietet, ist der, ob sich eine Beziehung feststellen lasse zwischen der Empfänglichkeit der Körper für den secundären Widerstand und der für die innere Polarisation, oder ob die beiden Erscheinungen ganz gleichgültig neben einander her gehen. Wir schliessen uns demgemäss, bei der jetzt vorzunehmenden Musterung feuchter poröser Körper, der Reihenfolge an, welche sich uns bei der Erforschung der inneren Polarisation an die Hand gegeben hat. Gleich beim ersten Schritte findet sich, dass zwischen dem secundären Widerstande und der inneren Polarisation vermuthlich gar kein Verhältniss besteht.

I. *Unorganische Körper.* Kreide und Bimsstein zwar, lange in destillirtem Wasser gesotten, zeigten den secundären Widerstand spurweise. Modellirthon dagegen, welcher gleichfalls innerlich polarisirbar ist, liess nichts davon wahrnehmen, wie lange auch Stäbe von den verschiedensten Massverhältnissen dem Strom ausgesetzt blieben. Quarzsand oder Schwefelblumen, mit Wasser zu einem Brei angemacht, geben keine innere Polarisation, und können grundsätzlich keine geben, weil das Verhältniss der Leitungsfähigkeit des porösen Gerüstes zu der des Elektrolyten ein zu ungünstiges ist. Dies gilt namentlich für den Schwefelbrei, der lebhaft sauer (von Schwefel-

säure) reagirte, und deshalb auch sehr viel besser leitete als das Wasser, womit er angerieben wurde. Dennoch liessen diese Körper, in Röhren gestopft, deutlich secundären Widerstand erkennen. Ja der Quarzsand fuhr fort dies zu thun, selbst als ich ihn, statt mit Wasser, mit verdünnter Schwefelsäure [1]) zu einem Brei anrührte. Hingegen mit einem Brei aus dem geschlemmten Sande der Königl. Porzellan-Manufactur [2]) und destillirtem Wasser ward kein secundärer Widerstand beobachtet.

II. Organische, nicht organisirte Körper. Gleich dem hartgesottenen Eiweiss, von dem bereits die Rede war, verhielt sich auch der durch Schlagen des Rinderblutes erhaltene Faserstoff, und der Blutkuchen vom nämlichen Thiere, sowie erstarrter Leim, dieser jedoch nur in gewissen Fällen, deren Bedingungen mir nicht klar geworden sind. Blutkuchen und Leim hatten keine innere Polarisation gegeben. Auch die Speckhaut von Pferdeblut zeigte secundären Widerstand.

Ein sonderbares Verhalten war das der Seife. Um regelmässige Stromeswirkungen durch Seife hindurch zu erzielen, ward es nöthig, Bögen daraus zu schnitzen und deren Enden in die Kupferlösung der Zuleitungsgefässe zu tauchen. Beim Einklemmen von Prismen aus Seife zwischen die Zuleitungsbäusche entstanden nämlich stets Störungen, durch, wie es schien, sprungweise Veränderung des Widerstandes der Berührungsstellen der Seife mit den Bäuschen. Bei der angegebenen Anordnung sieht man die Stromstärke schnell um einen sehr ansehnlichen Bruchtheil abnehmen. Legt man die Wippe um, so erfolgt ein positiver Ausschlag, so lebhaft als ob es sich um Polarisation handelte, und ohne dass sich danach langsames Wachsen einstellte. Man hat sich also wohl vorzustellen, dass unter dem Einfluss des umgekehrten Stromes der secundäre Widerstand der Seife in einem Zeitraum schwinde, der kleiner ist als die Schwingungsdauer des Spiegels, da man der inneren Polarisation der Seife im ursprünglichen Kreise nur ungern die elektromotorische Kraft von vielen Grove'schen Gliedern, und zugleich eine solche Flüchtigkeit zuschreiben wird, dass

---

[1]) SO_4 H : HO :: 1 : 19 und :: 1 : 8 dem Volum nach.

[2]) Vergl. Bd. IV. d. Z., S. 164.

daraus erklärlich würde, weshalb nach Entfernung aus dem ursprünglichen Kreise die Seife keine ungewöhnlich starke innere Polarisation zeigt.

III. Organisirte Pflanzentheile. Prismen geschnitten aus Kartoffeln, Mohrrüben, Petersilienwurzeln, Aepfeln, Birnen, der saftige Stiel von Begonien, zeigten die Erscheinung in sehr ausgesprochener Weise. Minder schön trat sie an gesottenen Hölzern, Eichen-, Kien-, Mahagony-Holz, hervor, und noch weniger deutlich an einem in vollem Safte stehenden holzigen Zweige des Zuckerahorns, obschon solche Zweige gerade die heftigste innere Polarisation geben, die sich denn auch hier wirklich im ursprünglichen Kreise durch einen kleinen positiven Ausschlag beim Umlegen der Wippe bemerklich machte.

Mit destillirtem oder mit Brunnen-Wasser getränkte balkenförmige Fliesspapierbäusche nehmen secundären Widerstand in geringem Grade an. Tränkt man solche Bäusche mit der gesättigten Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd, schwefelsaurem Natron, Alaun, Chlornatrium, Chlorammonium, Quecksilberchlorid, oder mit käuflicher Kalihydratlösung, so wird auch beim längsten Durchströmen und bei irgend welchen Massverhältnissen der Bäusche kein secundärer Widerstand bemerkbar, so wenig als wären sie mit der Kupferlösung der Zuleitungsbäusche selber getränkt (s. oben S. 31. 32). Denselben Gegensatz im Verhalten des Fliesspapiers, je nachdem dasselbe mit Wasser oder mit dergleichen Lösungen getränkt wird, haben wir in Bezug auf die innere Polarisation beobachtet. Allein diese Uebereinstimmung ist nicht durchgreifend. Tränkt man nämlich das Fliesspapier mit verdünnter Schwefel- oder Salpetersäure, wodurch es jede Spur innerer Polarisirbarkeit einbüsst, so ist der secundäre Widerstand gleichwohl sehr deutlich wahrnehmbar. Ausnehmend stark erscheint derselbe beim Tränken des Papiers mit neutraler chromsaurer Kalilösung, wobei an der Grenze der Kupferlösung ein brauner Niederschlag, wie mir Hr. Rammelsberg sagt, von basisch chromsaurem Kupferoxyd entsteht.

IV. Thierische Gewebe. Die Versuche wurden an frischen Gewebetheilen von Rindern oder Kälbern angestellt. Als Vertreter des Knochengewebes bei Versuchen dieser Art ist am bequemsten ein

Stück Rippe, des Knorpelgewebes ein Stück Rippenknorpel, des Sehnengewebes eine der Beugesehnen an der Mittelhand, des elastischen Gewebes das Nackenband, der Nerven ein Stück Rückenmark. Ausserdem wurden geprüft Streifen der Haut und prismatische Stücke Muskelfleisch, letztere sowohl roh als gekocht, und sowohl in der Faserrichtung als senkrecht darauf. Alle diese Theile zeigen die oben am hartgesottenen Eiweiss beobachteten Erscheinungen auf's Deutlichste ausgeprägt und im grössten Massstabe; mit Ausnahme des Knochens, der nur dann eine sichere Spur secundären Widerstandes zu entfalten scheint, wenn er ein mehr schwammiges Gefüge besitzt.

Diese Versuchsreihe genügt um zweierlei darzuthun, 1. dass die Fähigkeit, secundären Widerstand anzunehmen, den feuchten porösen Körpern sehr allgemein zukomme, 2. dass, wie schon bemerkt, keine Beziehung zwischen derselben und der inneren Polarisirbarkeit obwalte.

§. III. Vom äusseren secundären Widerstande.

Wir wollen jetzt den Versuch machen, in die Natur des secundären Widerstandes etwas tiefer einzudringen. In dem Folgenden sollen, der Kürze halber, die Hälfte und das Ende des feuchten porösen Körpers, wo der Strom, ferner der Bausch, durch den er eintritt, die *Eintrittshälfte,* das *Eintrittsende,* der *Eintrittsbausch,* die entsprechenden Theile der anderen Seite die *Austrittshälfte,* das *Austrittsende,* der *Austrittsbausch* genannt werden.

Es bietet sich vor Allem die Frage dar, wo der Sitz des secundären Widerstandes sei. Ist es, was jetzt kaum wahrscheinlich däucht, wie bei der inneren Polarisation, jeder durchströmte Querschnitt des porösen Körpers? Oder sind es nicht vielmehr, wie bei der Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte, die Berührungsstellen dieses Körpers mit den Zuleitungsbäuschen?

Es ist, wenigstens in allen von mir geprüften Fällen, leicht sich zu überzeugen, dass das letztere, wenn auch vielleicht nicht ausschliesslich, doch in überwiegendem Masse stattfinde, und dass namentlich das Eintrittsende unstreitig den bei weitem grössten Theil des secundären Widerstandes beherberge. Hat man den secundären Widerstand z. B. in einem Eiweissprisma (s. oben S. 33) sich entwickeln lassen, schnei-

det man das Prisma in der Mitte quer durch, und prüft man die beiden Hälften einzeln auf ihren Widerstand, so zeigt die Eintrittshälfte einen viel grösseren Widerstand als die Austrittshälfte. Schneidet man von dem Austrittsende ein Stück von einigen Millimetern Länge ab, während das Eintrittsende an dem entsprechenden Bausch möglichst unverrückt liegen bleibt, so bleibt die Stromstärke nahe dieselbe. Sie erscheint nur vorübergehend sowohl als dauernd etwas gewachsen, das erstere, weil während der zum Abschneiden erforderlichen Zeit ein geringer Theil des secundären Widerstandes sich zerstreut hat, das letztere wegen der Verkürzung des Eiweissprisma's, als des am meisten widerstehenden Theiles des Kreises. Schneidet man aber ein gleich langes Stück vom Eintrittsende ab, so erreicht die Stromstärke plötzlich ihre ursprüngliche Grösse ungefähr wieder, und es ist klar, dass der hauptsächlichste Theil des secundären Widerstandes beseitigt ist, denn das Sinken beginnt von Neuem ganz als ob der Kreis zum erstenmal geschlossen würde, oder als ob der secundäre Widerstand in Folge des Umlegens der Wippe geschwunden wäre. Sogar wenn wirklich in Folge des Umlegens der Wippe der secundäre Widerstand vollständig aufgehoben scheint und das Sinken eben wieder beginnen will, erhält man durch Abschneiden des Eintrittsendes noch eine ansehnliche Verstärkung des Stromes. Bringt man, an Stelle des vom Eintrittsende befreiten Prisma's, dies abgeschnittene Ende selber zwischen die Zuleitungsbäusche, so zeigt sich, dass es den Strom fast ebenso sehr schwächt, als das ganze noch damit versehene Prisma that. Dass durch die blosse Berührung der Zuleitungsbäusche mit den Enden des Prisma's, ohne Mitwirkung des Stromes, nichts dem secundären Widerstande Aehnliches herbeigeführt werde, versteht sich aus mehrfachen Gründen von selbst, und wird durch die Erfahrung bestätigt.

Hat man, anstatt den Grundflächen des Eiweissprisma's die Zuleitungsbäusche, zweien Punkten der Seitenflächen des Prisma's *Keilbäusche* [1]) angelegt, und rückt man, nach entwickeltem secundären

[1]) Die Keilbäusche haben schon in früheren Mittheilungen (S. Bd. IV. d. Z. S. 161; — 1859. S. 68 Monatsberichte der Berliner Akademie, und anderwärts) eine

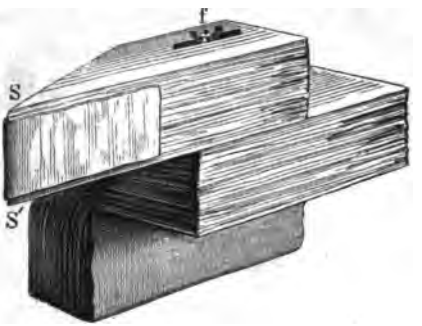
Widerstande, den Austrittsbausch von der Stelle, so findet keine bemerkenswerthe Veränderung der Stromstärke statt. Dagegen erscheint der secundäre Widerstand alsbald beseitigt, und das Sinken beginnt von Neuem, wenn man den Eintrittsbausch einer neuen Stelle anlegt. Innerhalb gewisser Grenzen, die von dem Verhältniss des Widerstandes der Eiweissstrecke zwischen den Keilbäuschen zum Widerstande des übrigen Kreises abhangen, ist es dabei gleichgültig, ob die neue Stelle, der man den Aus- oder Eintrittsbausch anlegt, nach aussen oder nach innen liegt, d. h. ob man die Eiweissstrecke zwischen den Keilbäuschen verlängert oder verkürzt.

Durch ähnliche Versuche habe ich mich überzeugt, dass auch beim Leim und der Seife; beim Knorpel, der Haut und dem Muskelfleisch des Rindes; beim Gewebe der Kartoffel und der Birne; endlich bei den mit verdünnter Schwefelsäure oder mit gesättigter chromsaurer Kalilösung getränkten Bäuschen das Eintrittsende der vornehmste

---

ansehnliche Rolle gespielt, und ihre Bedeutung in dieser Abhandlung und in einigen folgenden wird so gross, dass ich nicht länger zögern darf, dieselben dem Leser zu versinnlichen. Man sieht in Fig. 2 einen Keilbausch einem gewöhn-

Fig. 2.



lichen Zulteitungsbausch aufsitzen. Er ist daran befestigt mittels eines Fadens, den man in *f* unterscheidet, und der durch zwei den Keil- und Zuleitungsbausch durchbohrende Löcher geführt ist. Die etwa 15^{mm} lange *Schneide* des Keilbausches ss_1 ist mit einem Eiweisshäutchen bekleidet vorgestellt. Damit dasselbe in der dadurch bedingten scharfen Krümmung verharre, muss es den Seiten des Keils in einiger Länge anhaften. Ich pflege die Eiweisshäutchen für diesen Zweck 40^{mm} lang zu schneiden.

Sitz des secundären Widerstandes ist. Es kann sich also nur noch darum handeln, ob, wie es oft den Anschein hat, hier wirklich der ganze secundäre Widerstand hause, so dass derselbe nur ein *äusserer* sein würde, oder ob ein Theil davon vielleicht auch noch über das Innere des feuchten porösen Körpers verbreitet sei.

§. IV. Vom inneren secundären Widerstande.

Um hierüber zu entscheiden, wollen wir uns zunächst an zwei dergleichen Körper heften, welche beide den Vortheil bieten, dass man sie sich jederzeit leicht von wesentlich gleicher Beschaffenheit und in passender Gestalt verschaffen kann; an das hartgesottene Eiweiss, welches uns schon vorher als Typus eines des secundären Widerstandes fähigen Körpers gedient hat, und an das Gewebe der Kartoffel. Letzteres kommt zwar dem Eiweiss an secundärem Widerstande nicht gleich, da die Stärke des Stromes damit nur auf etwa $^1/_3$ ihres ursprünglichen Werthes sinkt; die Folge wird aber lehren, dass die Wahl eines Pflanzengewebes als zweiten Vertreters der mit secundärem Widerstande behafteten Körper hier von besonderer Bedeutung ist.

Ich verfuhr nunmehr folgendermassen. Den Seiten des wie gewöhnlich von Grundfläche zu Grundfläche durchströmten Prisma's legte ich mit gesättigter schwefelsaurer Zinkoxydlösung getränkte und mit doppelten Eiweisshäutchen bekleidete Keilbäusche in solcher Entfernung von den Enden an, dass der besondere Vorgang, dessen Sitz das Eintrittsende ist (S. unten §. VII), sich nicht bis zwischen ihre Schneiden erstreckte. Die Keilbäusche sassen den mit der nämlichen Flüssigkeit getränkten Zuleitungsbäuschen eines Paares meiner neuen Zuleitungsgefässe aus verquicktem Zink [1]) auf, welche mit einer Daniell'schen Kette verbunden waren. Die Grove'sche Säule soll hinfort die *Hauptkette,* ihr Strom der *Hauptstrom,* dessen Kreis der *Hauptkreis,* die Daniell'sche Kette die *Hülfskette,* ihr Strom der *Hülfsstrom,* dessen Kreis der *Hülfskreis* heissen. In dem Kreise der

---

[1]) Vergl. Bd. VII. d. Z., S. 160. Dieselben sollen nächstens beschrieben und abgebildet werden.

Hauptkette befand sich die eine, in dem der Hülfskette die andere der beiden verschiebbaren Rollen der Wiedemann'schen Bussole, beide in passendem Abstande vom Spiegel, letztere gemeiniglich von 3000, manchmal von 6000 Windungen. Ich beobachtete nun zuerst bei offener Hauptkette die Stärke des Hülfsstromes bei dem ursprünglichen Zustande des Eiweisses oder des Kartoffelgewebes. Dann schloss ich, bei geöffneter Hülfskette, die Hauptkette, liess den secundären Widerstand sich entwickeln, und beobachtete abermals, bei geöffneter Hauptkette, die Stärke des Hülfsstromes. Dann legte ich die Wippe des Hauptstromes um, liess den secundären Widerstand, unter dem Einfluss der neuen Stromrichtung, sich zerstreuen, öffnete die Hauptkette im Augenblick, wo das Sinken sich wieder einstellte, las abermals die Stärke des Hülfsstromes ab, u. s. f. Mit einem Worte, ich prüfte jedesmal mittels des durch das Prisma, mit Ausschluss des Eintrittsendes, hindurchgesandten Stromes der Hülfskette, die Veränderungen des Widerstandes, welche etwa darin durch den Hauptstrom hervorgerufen waren.

Bei dieser Versuchsweise zeigt sich, dass der Hülfsstrom, in kleinerem Massstabe zwar, jedoch vollkommen regelmässig und deutlich, die Schwankungen mitmacht, denen der Hauptstrom unterliegt. Ist der Hauptstrom, in Folge der Entwickelung des secundären Widerstandes, gesunken, so ist auch der Hülfsstrom klein; hat der Hauptstrom, in Folge der Zerstreuung des secundären Widerstandes durch den umgekehrten Strom, seine ursprüngliche Grösse wieder erreicht, so ist auch der Hülfsstrom gross. Es hat also den Anschein, als gebe es, ausser dem an dem Eintrittsende sich entwickelnden *äusseren* secundären Widerstande, wirklich noch einen *inneren* secundären Widerstand, der seinen Sitz in jedem durchströmten Querschnitt des Prisma's habe. Es fragt sich indess noch, ob es nicht möglich sei, diesen inneren secundären Widerstand auf bereits bekannte Ursachen zurückzuführen.

Vor Allem sei bemerkt, dass nicht daran zu denken ist, die Schwankungen des Hülfsstromes abzuleiten vom Hereinbrechen eines Theiles des Hauptstromes in den Hülfskreis, während der Hülfsstrom beobachtet wurde. Ein solches Hereinbrechen wurde unmöglich ge-

macht durch die Anordnung, die ich in der Abhandlung über Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte [1]) beschrieben und schematisch abgebildet habe, indem nämlich eine Wippe den einen Kreis, während sie den anderen schloss, an zwei passend gelegenen Stellen zugleich unterbrach.

Ebensowenig ist daran zu denken, dass der Hauptstrom, indem er an den Keilbäuschen der Hülfskette vorüberfloss und sich vielleicht schleifenförmig in sie hineinbog, an den Berührungsstellen der Keilbäusche mit dem Prisma äusseren secundären Widerstand entwickelt habe. Diesem Einwand zu begegnen, wurde das Eiweiss- oder Kartoffelprisma an einem Glasstabe wagerecht schwebend [2]) zwischen zweien Paaren von Keilbäuschen aufgestellt, deren eines dem Haupt-, das andere dem Hülfskreise angehörte. Der Abstand zwischen dem einen und dem anderen Paare von Keilbäuschen war grösser als der wagerechte Durchmesser des Prisma's. Indem das Prisma in wagerechter Ebene senkrecht auf seine Achse hin- und herbewegt wurde, konnte es abwechselnd dem einen und dem anderen Paare von Keilbäuschen angelegt werden. Auch so zeigten sich die den Schwankungen des Hauptstromes entsprechenden Schwankungen des Hülfsstromes, obschon jetzt der Hauptstrom die Keilbäusche der Hülfskette gar nicht mehr berührte.

Dann könnte man versucht sein, um die Schwankungen des Hülfsstromes zu erklären, an die innere Polarisation zu denken, deren elektromotorische Kraft im Kreise der Hülfskette (eines einzigen Daniell's) nicht mehr als verschwindend anzusehen sei. Diese Deutung setzt voraus, dass Haupt- und Hülfsstrom einerlei Richtung im Prisma haben, da sonst die durch den Hauptstrom bewirkte innere Polarisation, anstatt den Hülfsstrom zu schwächen, sich vielmehr zu demselben summiren würde. Es zeigt sich aber, dass die Schwankungen des Hülfsstromes bei jeder Richtung desselben in Bezug auf den Hauptstrom nahe gleich stark ausfallen. Allerdings erhält man

---

[1]) Bd. IV. d. Z., S. 144.

[2]) Im Fall des Eiweisses war der Glasstab in der Achse des Reagirglases befestigt worden, in welchem das Eiweiss gerann.

in den ersten Augenblicken nach der Oeffnung des Haupt- und Schliessung des Hülfskreises einige Scalentheile mehr Ablenkung, wenn man das Prisma so in den Hülfskreis bringt, dass der Hülfsstrom darin ebenso fliesst, wie vorher der Hauptstrom; im anderen Falle einige Scalentheile weniger. Diese Erscheinung ist unzweifelhaft auf Rechnung der inneren Polarisation zu bringen, allein im Vergleich mit den Schwankungen des Hülfsstromes, von denen hier die Rede ist, kommt dieselbe nicht in Betracht.

Es giebt nun noch eine vierte Ursache, auf die man diese Schwankungen zurückführen kann. Dies ist die Wärmeentwickelung durch den Hauptstrom. Es ist klar, dass je stärker der Hauptstrom ist, um so wärmer wird das Eiweiss- oder Kartoffelprisma, um so besser muss es leiten. Umgekehrt, je mehr sich der Hauptstrom durch Entwickelung secundären Widerstandes geschwächt hat, um so kälter wird das Prisma, und um so grösser folglich dessen Widerstand. Es kann sich nur darum handeln, ob diese Ursache ausreiche, um die beobachteten Schwankungen des Hülfsstromes zu erklären, oder nicht.

Um hierüber Gewissheit zu erlangen, steckte ich in ein in das Eiweissprisma senkrecht auf seine Achse gebohrtes Loch den schlanken cylindrischen Behälter eines für Beobachtungen über thierische Wärme bestimmten, in Zehntel Grade C. getheilten Thermometers, und las durch eine Brücke'sche Arbeitslupe die durch den Strom bewirkte Temperaturerhöhung ab. Sie belief sich im Ganzen auf etwa 10°, und die Temperaturschwankungen, welche den Schwankungen des Hauptstromes entsprachen, auf volle 6°.

Sodann erwärmte ich ein Eiweissprisma von dem gewöhnlichen Querschnitt in einem Reagirglase bis zu einer Temperatur, welche die höchste im vorigen Versuche durch den Strom erreichte um mehrere Grade übertraf, und brachte dann dasselbe in Berührung mit den im gewöhnlichen Abstande von einander befindlichen Keilbäuschen der Hülfskette. Während das in dem Prisma steckende Thermometer abwärts das Temperatur-Intervall durchlief, welches den im vorigen Versuch durch den Strom bewirkten Temperaturschwankungen entsprach, wuchs der Widerstand des Eiweisses, nach der Stärke des Hülfsstro-

mes bemessen, um ebensoviel, als wenn der Hauptstrom das Eiweissprisma lange genug durchkreist, um sich auf's Aeusserste zu schwächen.

Diese Versuche laufen, wie man sieht, darauf hinaus, die Annahme eines besonderen inneren secundären Widerstandes im Eiweiss unnöthig zu machen. Nicht so was das Gewebe der Kartoffel betrifft. Dies leitet nämlich ausserordentlich viel schlechter als das hartgesottene Eiweiss. In Folge davon erreicht der Hauptstrom im Kartoffelprisma eine viel geringere Stärke als im Eiweissprisma, und die Temperaturerhöhung im ersteren ist so gering, dass sie oft gar nicht bemerkbar wird, und jedenfalls nicht in Betracht kommt. Gleichwohl fallen die den Schwankungen des Hauptstromes entsprechenden Schwankungen des Hülfsstromes in der Kartoffel nicht kleiner, sondern, im Vergleich zu den ersteren, sogar noch grösser aus als im Eiweiss. Wir haben also noch immer Grund, im Kartoffelprisma einen inneren secundären Widerstand anzunehmen. Doch scheint es wünschenswerth, das Dasein desselben noch auf anderem Wege gegen den Verdacht zu sichern, als handele es sich dabei um Temperaturschwankungen. Die folgenden Ermittelungen erfüllen diesen Zweck.

Betrachtet man genauer die den Schwankungen des Hauptstromes entsprechenden Schwankungen des Hülfsstromes im Falle des Eiweisses und in dem des Kartoffelgewebes, so zeigt sich bald ein wesentlicher Unterschied. Bei dem Eiweiss nämlich liegen die kleinsten Werthe der Hülfsstromstärke, die man beobachtet, wenn der Hauptstrom im Eiweiss durch Entwickelung des secundären Widerstandes seine unterste Grenze erreicht hat, niemals unter, sondern stets noch über dem ursprünglichen Werthe der Hülfsstromstärke, den man vor jeder Einwirkung des Haupstromes erhielt. Der Hauptstrom bringt also im Eiweiss keine absolute Verminderung der Leitungsfähigkeit hervor. Die Verminderung ist vielmehr nur relativ, d. h. sie stellt sich als solche dar im Vergleich zu der Vermehrung der Leitungsfähigkeit, welche der Strom in seiner vollen, durch den secundären Widerstand ungeschwächten Grösse thermisch erzeugt. Anders bei dem Kartoffelgewebe. Hier liegen jene kleinsten Werthe der Hülfsstromstärke unter dem ursprünglichen, es hat also eine wirkliche Verminderung der Leitungsfähigkeit durch den Hauptstrom stattgefun-

den, welche nie die Folge der thermischen Wirkung sein kann. Diese absolute Verminderung der Hülfsstromstärke kann sich bis auf $^1/_5$ ihres ursprünglichen Werthes belaufen.

Beobachtet man den Gang der Hülfsstromstärke unmittelbar nachdem man den auf's Aeusserste geschwächten Hauptstrom geöffnet hat, so giebt sich abermals zwischen den Erscheinungen, die das Eiweiss, und denen, die das Kartoffelgewebe bietet, ein bedeutsamer Unterschied zu erkennen. Beim Eiweiss ist nämlich die Hülfsstromstärke im Sinken begriffen, unstreitig, weil, wie das Thermometer bekundet, das Eiweiss kälter wird. Wie schwach auch der Strom geworden war, immer erhielt er das Eiweiss doch noch auf einer höheren Temperatur, als ihm sonst zukommen würde. Beim Kartoffelgewebe beobachtet man im Gegentheil, dass die Hülfsstromstärke nach Unterbrechung des Hauptstromes ziemlich rasch wächst. Dies kann von nichts herrühren, als davon, dass ein durch den Hauptstrom entwickelter innerer secundärer Widerstand anfängt sich zu zerstreuen, sobald der Hauptstrom aufhört. Der Hauptstrom selbst erscheint in beiden Fällen nach dem Offenstehen seines Kreises etwas verstärkt, bei dem Eiweiss darum, weil auch der äussere secundäre Widerstand sich sofort, obschon viel langsamer, zu zerstreuen beginnt, wenn der Strom aufhört, der ihn hervorrief.

Um nun auch den Einfluss der Stromesumkehr auf den inneren secundären Widerstand zu erforschen, dient folgender Kunstgriff. Man denke sich ein Eiweiss- und ein Kartoffel-Prisma durch zwei möglichst senkrecht auf die Achse geführte Schnitte in drei Stücke getheilt, von denen das mittlere das längste ist, sodann die drei Stücke wieder genau zusammengefügt, und zwischen den Zuleitungsbäuschen des Hauptstromes dergestalt angebracht, dass man das Mittelstück herausnehmen kann, ohne dass die Endstücke an den Bäuschen verschoben werden. Der Hauptstrom wird bis zur äussersten Schwächung durch den äusseren secundären Widerstand hindurchgeschickt. Dann wird so rasch als möglich das Mittelstück herausgenommen, in verkehrter Lage wieder eingesetzt, und der Erfolg am Fernrohr beobachtet. Mit dem Eiweiss ist dieser Erfolg nichtig; der Faden stellt sich, wenn der Versuch gut gelingt, sobald die unvermeidlichen Schwankungen wegen

Oeffnens und Wiederschliessens der Kette vorüber sind, fast genau auf den Theilstrich wieder ein, auf dem er sich vor dem Umkehren des Mittelstückes befand. Mit dem Kartoffelgewebe hingegen zeigt sich die Ablenkung, wenn der Spiegel zur Ruhe gekommen ist, im langsamen Wachsen begriffen, und dies lässt sich sogar in Fällen beobachten, wo ein in dem Mittelstück steckendes Thermometer aus anderen Gründen sinkt, nicht steigt. Das langsame Wachsen hat eine Grenze, bei welcher angelangt die Stromstärke einige Augenblicke beständig bleibt, und dann wieder zu sinken beginnt, ganz, nur in kleinerem Massstabe, als ob es sich um den äusseren secundären Widerstand handelte. Wird das Mittelstück nur herausgenommen und wieder eingesetzt ohne umgekehrt zu werden, so ereignet sich nichts der Art.

Nach diesen Versuchen ist es als eine ausgemachte Sache anzusehen, dass das Kartoffelgewebe wirklich inneren secundären Widerstand besitzt. Vom Eiweiss hätte man bis zum letzten Versuche noch glauben können, dass die durch thermische Wirkung darin erzeugten Hülfsstromschwankungen vielleicht auch noch solche Schwankungen in sich bärgen, die auf innerem secundären Widerstande beruhten. Nach diesem Versuch aber steht es fest, dass dem Eiweiss keine nachweisbare Spur inneren secundären Widerstandes zukommt. Zwar lässt sich dagegen noch einwenden, dass wir, der Natur der Sache nach, das Eiweiss auf den inneren secundären Widerstand nur haben prüfen können mittels eines Stromes, der durch den äusseren secundären Widerstand um den grössten Theil seiner Stärke gebracht war. Allein die Folge wird uns Mittel an die Hand geben, diesen Einwand zu beseitigen, wie auch den inneren secundären Widerstand des Kartoffelgewebes noch auf einem vierten Wege darzuthun (s. unten, §. XI).

Wir werden dergestalt auf die Aufgabe geführt, zu ermitteln, welche unter den feuchten porösen Körpern, die wir oben als des secundären Widerstandes überhaupt fähig erkannt haben, neben dem äusseren secundären Widerstande, der ihnen allen in grösserem oder geringerem Grade zuzukommen scheint, auch noch gleich dem Kartoffelgewebe inneren secundären Widerstand besitzen. Das Ergebniss dieser Prüfung hat etwas Befremdendes. Ich habe nämlich den in-

neren secundären Widerstand bisher nur an frischen Pflanzengewebetheilen, an Stücken Kartoffel, Mohrrübe, Petersilienwurzel, Begoniastiel, Apfel, Birne, nachweisen können. Hält man Kartoffeln oder Begoniastiele zehn Minuten lang in siedendem Wasser, so leiten sie sehr viel besser, haben aber die Fähigkeit, inneren secundären Widerstand anzunehmen, eingebüsst. Was die anderen feuchten porösen Körper betrifft, so habe ich ausser dem Eiweiss auf diese Fähigkeit vergeblich untersucht folgende Vertreter der vier Klassen: Kreide und Bimsstein; Seife; Stäbe aus Eichen- und Weissbuchenholz, Bäusche aus Fliesspapier und Streifen Pappe, sämmtlich mit Wasser getränkt; endlich Muskelfleisch, in der Faserrichtung und senkrecht darauf durchströmt, Rückenmark, Sehnen- und elastisches Gewebe, Haut und Knorpel vom Rinde. Sieht man von der Seife ab, an der sich aus gewissen Gründen nicht mit der Hülfskette experimentiren lässt, so findet bei keinem dieser Körper eine absolute Verminderung der Hülfsstromstärke in Folge des Durchganges des Hauptstromes, oder ein Ansteigen derselben in Folge des Oeffnens der Säule statt. Die Hölzer nehmen eine so starke Polarisation an, dass der Hülfsstrom dadurch, je nach der Richtung des Hauptstromes, ansehnlich verstärkt oder geschwächt wurde. (Vergl. oben S. 368). Diese in raschem Sinken begriffene Polarisation setzt der Bestimmung des Widerstandes der Hölzer nach dem Durchgang des Hauptstromes grosse Schwierigkeiten entgegen. Es gelingt jedoch auszumachen, dass der Widerstand nicht vermehrt, sondern, unstreitig durch thermische Wirkung des Hauptstromes, vermindert ist. Bei den porösen Körpern unorganischen Ursprungs, Kreide und Bimsstein, habe ich mich auf die Beobachtung jener beiden Merkmale der Abwesenheit des inneren secundären Widerstandes beschränken müssen Hier ist somit noch die Möglichkeit da, dass eine Spur inneren secundären Widerstandes durch die thermische Wirkung des Hauptstromes verdeckt wurde. Was aber die übrigen so eben genannten feuchten porösen Körper, die Hölzer, die Pappe, insbesondere die thierischen Gewebe betrifft, so habe ich damit noch den zuletzt angegebenen Umkehrversuch angestellt, und dabei nie langsames Wachsen gesehen. Ebensowenig war dies der Fall bei der Seife, wo nur dieser Versuch angestellt werden konnte. Von diesen

Körpern können wir also mit derselben Gewissheit wie vom Eiweiss sagen, dass sie keine Erscheinung zeigen, welche zur Annahme eines inneren secundären Widerstandes zwänge.

§. V. Nähere Untersuchung des inneren secundären Widerstandes.

Abgesehen davon, dass wir noch nicht wissen, ob nicht die noch im Besitze ihrer Lebenseigenschaften verharrenden thierischen Gewebe des inneren secundären Widerstandes fähig sind, erscheint derselbe an sich als ein Phänomen von hinlänglicher Bedeutung, um ein etwas näheres Eingehen darauf an dieser Stelle zu rechtfertigen.

Zunächst versuchte ich zu erfahren, ob sich dieser Widerstand auch kundgeben würde, wenn man den Hülfsstrom, statt dem Hauptstrom parallel, senkrecht darauf durch das Pflanzengewebe leitete. Zu diesem Zwecke stanzte ich mittels eines Blechdeckels kreisrunde Scheiben aus einer durch zwei parallele Ebenen begrenzten Kartoffelschnitte, und zeichnete darauf mit Tinte vier einander unter 45° schneidende Durchmesser. Dem Endpunkte eines dieser Durchmesser legte ich die Keilbäusche der Hauptkette an, die der Hülfsbäusche folgweise den Endpunkten der drei anderen Durchmesser. Kleiner als 45° oder grösser als 135° liess sich der Winkel zwischen beiden Strömen nicht machen, weil über diese Grenzen hinaus kein Platz für die Zuleitungsgefässe, welche die Keilbäusche trugen, übrig blieb. Innerhalb dieser Grenzen aber erwies sich die absolute Verminderung des Hülfsstromes in Folge der Einwirkung des Hauptstromes als gleich gross, es mochte nun der Hülfsstrom den Hauptstrom senkrecht, oder unter einem Winkel von 45° oder von 135° schneiden. Demnach scheint es als sei der innere secundäre Widerstand unabhängig von der Richtung des Stromes, der ihn hervorrief.

Dann wollte ich wissen, wie dieser Widerstand im Inneren des Kartoffelprisma's vertheilt sei; ob er in allen Querschnitten des Prisma's gleich gross gefunden werde, oder ob er vielleicht vom Eintrittsende nach dem Austrittsende zu abnehme, was so zu deuten gewesen wäre, dass der innere secundäre Widerstand eine in der Richtung des Stromes in den feuchten porösen Körper hineinragende Fortsetzung des äusseren secundären Widerstandes bilde. Vergeblich suchte ich

zuerst diese Frage dadurch zu entscheiden, dass ich die Keilbäusche der Hülfskette in beständigem Abstande von einander verschiedenen Strecken des Prisma's anlegte und die Veränderungen verglich, welche der Hauptstrom in dem Widerstande dieser Strecken hervorbrachte. Es zeigten sich keine deutlichen Unterschiede, allein das Verfahren erwies sich als zu unsicher, als dass ich mich bei diesem Ergebniss hätte beruhigen dürfen. Zur schärferen Prüfung beschloss ich, zwei gleich lange Strecken des Kartoffelprisma's zu Schenkeln eines Wheatstone'schen Stromnetzes [1]) zu machen, in dessen ungespaltener Strecke eine Hülfskette von hinlänglicher Kraft befindlich, und dessen beiden anderen Schenkeln ein solcher Widerstand ertheilt wäre, dass bei dem ursprünglichen Leitungsvermögen des Kartoffelgewebes der Strom in der Brücke verschwände. Wenn dann durch die Einwirkung des Hauptstromes die beiden Strecken des Prisma's verschiedenen Widerstand annähmen, müsste sich dies dadurch kundgeben, dass beim Schliessen der Hülfskette nach dem Oeffnen der Hauptkette ein Strom in der Brücke entstände.

Dieser Versuchsplan wurde in's Werk gesetzt, indem ich dem Kartoffelprisma in gleichen Abständen drei mit Zinklösung getränkte Keilbäusche anlegte, welche auf verquickte Zinkplatten gebunden und passend aufgestellt waren. Das mittlere Zinkblech führte zum einen Ende der Hülfskette, die beiden anderen waren durch die Brücke verbunden, und hingen ausserdem mit dem anderen Ende der Hülfskette zusammen durch metallische Leitungen von angemessenem Widerstande, welche die beiden anderen Schenkel des Stromnetzes ausmachten. Der Widerstand der einen dieser Leitungen konnte hinreichend fein abgestuft werden, und mit Hülfe davon wurde der Stromzweig in der Brücke, worin die eine Rolle der Bussole eingeschaltet war, leicht zum Verschwinden gebracht. Die Empfindlichkeit der Anordnung war so gross, dass einer Veränderung des Widerstandes eines der Schenkel um $^1/_{200}$ etwa ein Scalentheil Ausschlag entsprach.

---

[1]) *Philosophical Transactions etc. For the Year 1843. P. II. p. 323;* — Poggendorff's Annalen u. s. w. 1844. Bd. LXII. S. 535. — Kirchhoff, ebendas. 1845. Bd. LXIV. S. 512.

Nun liess ich, bei geöffneter Hülfskette [1]), den Hauptstrom sich durch Entwickelung des secundären Widerstandes auf's Aeusserste schwächen, prüfte den Brückenstrom, legte die Wippe im Hauptkreise um, liess den umgekehrten Hauptstrom den secundären Widerstand zerstreuen, prüfte abermals den Brückenstrom, liess von Neuem durch den Hauptstrom den secundären Widerstand in entgegengesetzter Richtung von vorhin hervorrufen, prüfte zum drittenmal den Brückenstrom, u. s. f. Der Erfolg war in mehreren wohlgelungenen Versuchen, dass zwar der Strom in der Brücke nicht gerade Null blieb, was bei der Dauer der Beobachtungen nicht zu verlangen war, dass sich aber, in Sinn und Grösse der auftretenden Ablenkungen, keine Spur eines Gesetzes blicken liess. Und doch bringt, wie man leicht bemerkt, das angewendete Verfahren es mit sich, dass bei einem beständigen Unterschiede zwischen dem Widerstande der Ein- und dem der Austrittshälfte, die Ausschläge in der Brücke bald die eine, bald die andere Richtung gehabt, mit anderen Worten, dass ihre Grössen sich summirt haben würden. Gleichgültig war dabei, ob der mittlere Bausch mit dem positiven oder mit dem negativen Ende der Hülfskette verbunden war, d. h. ob der Hülfsstrom in der Eintrittshälfte dieselbe Richtung wie der Hauptstrom hatte oder nicht. Dadurch ist dem Verdacht vorgebeugt, als habe vielleicht der in der Eintrittshälfte zufällig stets dem Hauptstrom entgegengesetzte, in der Austrittshälfte aber gleichgerichtete Hülfsstrom in der ersteren Hälfte den inneren secundären Widerstand zerstreut, in der letzteren bestehen lassen, und als sei so durch die Prüfung selber die durch den Hauptstrom bewirkte Ungleichheit der Widerstände wieder verwischt worden.

Aus diesen Versuchen ist somit zu schliessen, dass der Widerstand des Kartoffelprisma's in allen seinen mittels der Keilbäusche zugänglichen Querschnitten unter dem Einfluss des Hauptstromes gleichmässig steigt und fällt, und dass keine nachweisbare Abstufung

---

1) Es versteht sich, dass die Oeffnung an zwei Stellen, nämlich in den beiden Drähten stattfand, die von den beiden äussersten Zinkblechen ausgingen, und zwar bevor dieselben sich in die Brücke und in die beiden metallischen Schenkel des Stromnetzes spalteten. Widrigenfalls ein Theil des Hauptstromes seinen Weg durch die Brücke genommen hätte.

des inneren secundären Widerstandes vom Eintritts- nach dem Austrittsende zu stattfindet, welche auf eine Beziehung zwischen dem inneren und dem äusseren secundären Widerstande hinwiese. Wenn folglich die Maxima und Minima des Haupt- und Hülfsstromes in den obigen Versuchen einander zu entsprechen schienen, so ist darauf nichts zu geben. War dies wirklich der Fall, so war es nur ein zufälliges Zusammentreffen. Allein jenes Entsprechen kann ebensogut nur ein Anschein gewesen sein, erzeugt durch eine Reihe von Möglichkeiten, deren ausführliche Zergliederung sich hier nicht der Mühe lohnen würde.

Wie mit der Dauer der Durchströmung, so nimmt der innere secundäre Widerstand in einem gegebenen Kartoffelprisma natürlich auch mit der Stärke des Hauptstromes zu. Schon bei fünf Grove'schen Gliedern und den gewöhnlichen Massen des Prisma's trat die Erscheinung in sehr grosser Stärke hervor. Wurden noch fünf Glieder in die Hauptkette genommen, so wuchs auch der innere secundäre Widerstand, und so fort bis zu zwanzig Gliedern. Doch geschah das Wachsthum immer langsamer, so dass durch die Vermehrung der Gliederanzahl von fünfzehn auf zwanzig nur noch eine ganz unbedeutende Verstärkuug des inneren secundären Widerstandes herbeigeführt wurde.

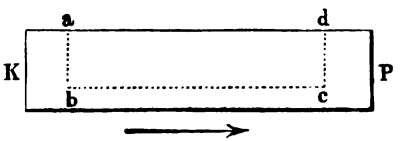
Es versteht sich von selbst, dass es sich hierbei nicht um die absolute Stromstärke, sondern, wie bei ähnlichen Wirkungen des Stromes im Inneren von Leitern, um die Stromdichte handelt. Es würde indess wünschenswerth sein, dies so zu zeigen, dass bei beständig bleibender Stromstärke der Querschnitt des Kartoffelprisma's verändert würde. Da, wie wir sehen werden, der äussere secundäre Widerstand mit der Verkleinerung der Berührungsfläche zwischen Bausch und feuchtem porösen Körper rasch zunimmt, so kann dies nicht ohne Weiteres in der Art geschehen, dass man, im Hauptkreise beobachtend, Prismen von verschiedenem Querschnitt einem Strome von stets gleicher Stärke aussetzt und die durch den secundären Widerstand in den verschiedenen Fällen herbeigeführten Schwächungen des Stromes miteinander vergleicht. Es würde vor der Hand an jedem Mittel fehlen, um den Antheil an der Schwächung des Stromes,

der dem inneren, von dem zu sondern, der dem äusseren secundären Widerstande zukommt. Es ist vielmehr klar, dass zu einer tadelfreien Versuchsweise hier gehört, dass sowohl die ursprüngliche Stärke des Stromes, als der äussere secundäre Widerstand beständig gehalten werden, welches letztere nur so möglich ist, dass die Enden des Prisma's unverrückt an den Bäuschen liegen bleiben. Daraus ergiebt sich folgendes Verfahren.

Man bezeichnet sich an dem Prisma durch Tintenpunkte zwei gleich lange Strecken, A und B, welche einen möglichst grossen Theil seiner Länge einnehmen, an jedem Ende des Prisma's jedoch, und zwischen sich, noch ein etwa 1^{cm} langes Stück übrig lassen. Der einen dieser Strecken, A, legt man die Keilbäusche der Hülfskette zuerst so an, dass sie dessen ganze Länge umfassen, uud bestimmt die absolute Verminderung des Hülfsstromes, welche der Hauptstrom hervorbringt. Dann verjüngt man in der Strecke A das Prisma um die Hälfte, rückt die Keilbäusche der Hülfskette einander um die Hälfte näher, und schneidet die Strecke B aus dem Prisma aus. Sieht man davon ab, dass die Leitung des Hülfsstromes zwischen den Keilbäuschen, und des Hauptstromes da wo der Querschnitt des Prisma's sich plötzlich um die Hälfte ändert, keine lineare sein kann, so lässt diese Reihe von Operationen den Widerstand sowohl im Haupt- als im Hülfskreise, und folglich beide ursprüngliche Stromstärken, unverändert, verdoppelt hingegen die Stromdichte in der verjüngten Strecke. Wächst folglich der innere secundäre Widerstand mit der Stromdichte, so muss sich eine Vergrösserung der durch die beiden secundären Widerstände im Hauptkreise bewirkten Schwächung der Hauptstromstärke, noch leichter aber eine solche der durch den inneren secundären Widerstand allein bewirkten Schwächung der Hülfsstromstärke nachweisen lassen.

Ich habe diesen Versuchsplan mehrmals in's Werk gesetzt, jedoch ohne klaren Erfolg. Es ist in Wirklichkeit, aus Gründen, deren Ausführung zu weitläufig werden würde, unmöglich, die Bedingungen zu erfüllen, auf denen er beruht. Ebensowenig ist mir dies mit einem einfacheren Versuchsplan gelungen, den ich dann zu demselben Zweck erdachte. Er besteht darin, ein Kartoffelprisma KP (s. Fig. 3 flgd. Seite)

Fig. 3.



zwischen die Zuleitungsbäusche zu bringen, an welchem ein Stück *a b c d* ausgeschnitten, und wieder eingesetzt ist. Ich liess den secundären Widerstand sich so weit entwickeln, dass der Strom beständig erschien, und entfernte dann plötzlich das Stück *a b c d.* Natürlich geschah, unter heftigen Schwankungen des Scalenbildes, eine plötzliche Verminderung der Stromstärke. Ich hoffte aber nach Beruhigung des Spiegels die Stromstärke noch langsam abnehmen zu sehen, zum Zeichen, dass der erhöhten Stromdichte in der verjüngten Strecke ein höherer Grad inneren secundären Widerstandes entspreche. Allein auch diese Versuchsweise schlug fehl, weil entweder, bei kleinem Widerstande im Kreise ausserhalb des Prisma's, die Stromdichte in der verjüngten Strecke nicht hinlänglich wuchs, oder, bei grossem Widerstande, in Folge der Schwäche des Stromes sogar bei dreissig Grove'schen Gliedern der Säule die Erscheinungen undeutlich wurden.

Unsere Bemühungen, das Wachsen des inneren secundären Widerstandes mit abnehmendem Querschnitt bei beständiger Stromstärke nachzuweisen, bleiben somit für jetzt vergeblich. Die Folge wird uns indess in den Stand setzen, diese Frage mit besserem Erfolg wieder aufzunehmen (s. unten §. XI).

Wollte man den inneren secundären Widerstand in den Ausdruck für den Widerstand des Kartoffelprisma's einführen, so würde derselbe, nach den Untersuchungen dieses Parapraphen, durch einen von der Stromdichte und der Dauer der Durchströmung abhängigen Summanden zu dem Coëfficienten darzustellen sein, der den Widerstand des Gewebes für die Einheit der Länge und des Querschnittes bedeutet.

§. VI. Abhängigkeit des äusseren secundären Widerstandes von Stromstärke und Querschnitt.

Wir kehren nun zurück zu dem äusseren secundären Widerstande, der aus mehreren Gründen bei weitem die wichtigere Erscheinung für uns ist. Gleich dem inneren secundären Widerstande wächst derselbe in einem gegebenen feuchten porösen Körper rasch mit der Stromstärke. Bei nur einer Grove'schen Kette im Kreise zeigt sich an einem Eiweissprisma von den gewöhnlichen Massen keine sichere Spur davon. Bei fünf Grove'schen Gliedern dagegen sind schon alle oben beschriebenen Erscheinungen am Eiweiss, dem Muskelfleisch, dem Knorpel, dem elastischen und dem Sehnen-Gewebe, dem der Kartoffel, deutlich wahrzunehmen, nur dass das Sinken sowohl als das Wiederanwachsen der Stromstärke nach dem Umlegen der Wippe viel langsamer vor sich gehen als bei den hohen Stromstärken, und dass sich leicht Unregelmässigkeiten einstellen, z. B. der secundäre Widerstand nur oder vorzugsweise bei der einen Stromrichtung auftritt.

Die Ursache, weshalb wir uns bisher stets einer Säule von so grosser Gliederanzahl bedient haben, und dies für gewöhnlich auch fernerhin thun werden, ist also nicht etwa, dass es solcher Mittel bedarf, um den inneren oder äusseren Widerstand sichtbar zu machen. Sondern aus demselben Grunde, aus dem diese Anordnung vielleicht für den einen unserer Zwecke nicht die günstigste war, nämlich um die innere Polarisation im ursprünglichen Kreise zu beobachten, eignet sie sich zur Untersuchung des secundären Widerstandes. Sie hat gerade den Vortheil, dass wir uns dabei um die verschiedenen secundär-elektromotorischen Kräfte, welche im Kreise rege werden mögen, nicht zu kümmern brauchen: so wenig wie um die innere Polarisation, um die der Kupferelektroden, um die Polarisation an der Grenze der Elektrolyte, und um die Hydrothermoströme, zu denen die thermische Wirkung des Säulenstromes vielleicht Anlass giebt [1]). Alle diese Störungen verschwinden unstreitig gegen die elektromotorische Kraft

[1]) Vergl. Wild in Poggendorff's Annalen u. s. w. Bd. CIII. S. 353.

von zwanzig Grove'schen Gliedern, und jede merkliche Stromschwankung darf ohne Weiteres auf eine Veränderung des Widerstandes bezogen werden.

Lässt man den secundären Widerstand durch den Strom von fünf Grove'schen Gliedern sich vollständig entwickeln, so dass bei einer ursprünglichen Ablenkung von etwa 200 Scalentheilen mehrere Minuten vergehen, bis ein Sinken um einen Scalentheil erfolgt ist, und geht man dann plötzlich zu einer grösseren Stromstärke, z. B. zu der von zehn Gliedern über, so beobachtet man in den ersten Augenblicken wieder rasches Sinken, welches auf eine erneute Entwickelung secundären Widerstandes hinweist. In der That kann man sich, mit Hülfe leicht zu ersinnender Gegenversuche, überzeugen, dass das erneute Sinken nicht etwa darauf beruht, dass der secundäre Widerstand sich zum Theil zerstreut hat, während man, um die neuen Glieder aufzunehmen, die Kette einen Augenblick öffnete. Wartet man abermals einen nahezu beständigen Zustand ab, und steigert man wieder die Gliederanzahl der Säule um fünf, so beobachtet man den nämlichen Erfolg, und so habe ich denselben, wenn auch in immer kleinerem Massstabe, bis zu dreissig Gliedern eintreten sehen.

Für den äusseren secundären Widerstand hat es keine Schwierigkeit, die Abhängigkeit desselben vom Querschnitt, oder vielmehr von der Berührungsfläche zwischen feuchtem porösen Körper und Bausch, nachzuweisen. Sie ist erwähntermassen (s. oben S. 377) der Art, dass dieser Widerstand um so beträchtlicher erscheint, je kleiner die Berührungsfläche, oder je grösser die Stromdichte darin. Dies spricht sich besonders darin aus, dass wenn man dem Eiweissprisma statt der auf die Achse senkrechten Grundflächen jederseits eine keilförmige Schneide oder eine Spitze ertheilt und es damit die Bäusche berühren lässt, man statt fünf Grove'scher Glieder nur noch einer einzigen Daniell'schen Kette bedarf, um alle Erscheinungen des äusseren secundären Widerstandes vollkommen deutlich wahrzunehmen. Dasselbe ist natürlich der Fall, wenn man umgekehrt die Berührungsfläche dadurch verkleinert, dass man das Prisma mit Keilbäuschen berührt. Da die schwefelsaure Zinkoxydlösung sich der Kupferoxydlösung in diesen Versuchen ganz gleich verhält, so wurde deshalb bei der obigen

Anwendung der Hülfskette mit ihren Keilbäuschen die Vorsicht gebraucht, die Kette nie länger als nöthig geschlossen zu halten und den Strom oft umzukehren.

Bemerkenswerth ist der Erfolg, wenn man, bei nur einem Daniell im Kreise, ein Eiweissprisma zwischen die Bäusche bringt, das nur an einem Ende keilförmig zugeschärft ist. Alsdann nämlich beobachtet man den secundären Widerstand nur, wenn die Schneide dem Strome zum Eintritt dient. Hat der Strom die andere Richtung, so erscheint er ganz beständig.

Oeffnet man den Kreis, in welchem ein Eiweissprisma das Maximum des äusseren secundären Widerstandes angenommen hat, ein paar Minuten lang, so findet man, wie schon bemerkt, die Stromstärke etwas gewachsen, obgleich während des Offenstehens die Temperatur des Eiweissprisma's nothwendig gesunken ist. Doch lässt diese von selbst eintretende Zerstreuung des äusseren secundären Widerstandes auch nach sehr langer Zeit noch immer den grössten Theil davon bestehen.

Selbst der umgekehrte Strom hebt übrigens den einmal vollständig entwickelten äusseren secundären Widerstand nicht ganz auf, wie schon oben S. 364 gezeigt wurde und wie abermals aus folgendem Versuch erhellt. Man richte sich so ein, dass man mit Leichtigkeit abwechselnd mit dem Strom der vielgliederigen Grove'schen Säule, dem Hauptstrom, den einer Daniell'schen Kette als Hülfsstrom durch die Zuleitungsgefässe und das Eiweissprisma schicken könne. Das Prisma muss die Bäusche mit hinreichend grossen Flächen berühren, damit der Hülfsstrom für sich keinen secundären Widerstand hervorruft. Man bestimmt nun zuerst die Stärke des Hülfsstromes ehe der Hauptstrom durchgegangen ist. Dann lässt man diesen durch Entwickelung secundären Widerstandes sich auf's Aeusserste schwächen, kehrt ihn um, und ersetzt ihn wieder durch den Hülfsstrom in dem Augenblick wo das langsame Wachsen sein Ende erreicht hat und der Hauptstrom wieder zu sinken beginnt. Man findet zwar den Hülfsstrom jetzt ansehnlich stärker als zu Anfang, allein dies rührt nur her von der durch den Hauptstrom entwickelten Wärme. Hat man ein Thermometer im Eiweiss stecken, und wartet man bis die Temperatur wie-

f den Punkt gesunken ist, wobei die erste Beobachtung geschah, zeigt sich eine geringere Stärke des Hülfsstromes, so dass es klar , dass auch unter dem Einfluss des umgekehrten Stromes das Eiisprisma seine ursprüngliche Leitungsgüte nie ganz wiedererlangt. ır durch das Abschneiden des Eintrittsendes kann dies erreicht werden.

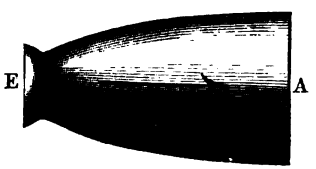
VII. Nähere Untersuchung des Eintrittsendes des feuchten porösen Körpers, welches der Sitz des äusseren secundäreu Widerstandes ist.

Es ist nun an der Zeit dieses Eintrittsende etwas genauer zu bechten, um dadurch womöglich zu einer Vorstellung von der Natur s äusseren secundären Widerstandes zu gelangen.

Bei fast allen feuchten porösen Körpern, welche man zwischen e Zuleitungsbäusche bringt, beobachtet man, dass das Eintrittsende h nach kürzerer oder längerer Zeit, bis zu grösserer oder geringerer efe, blau färbt in der Farbe des Kupfersalzes der Bäusche, während s Austrittsende diese Farbe nur oberflächlich annimmt, so dass man ttels dieses Kennzeichens die Stromrichtung bestimmen kann.

Das Eintrittsende eines Eiweissprisma's oder -Cylinders zeigt jech noch eine andere bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit. Man fint dasselbe nämlich nahe der Grundfläche, nach der Art einer Rakete ıgeschnürt, oder, wie es in der Feuerwerkerei heisst, gewürgt Fig. 4). Von der Grundfläche *E*, die dem Brandloch entspricht,

Fig. 4.



ı zur Würgung ist das Eiweiss hellblau, die Kehle der Würgung gegen sieht dunkelblaugrün aus, als ob ein abfärbender Faden zum ürgen gedient hätte. Diese Färbungen erstrecken sich, wie man f Längsschnitten sieht, mehr oder minder ausgesprochen durch die nze Masse des Eiweisses. Die Strecke von der Grundfläche bis zur

Würgung fühlt sich sehr fest und derb, die Würgung selber hart wie Horn an. Die Würgung erscheint zuerst ganz nahe der Grunfläche als eine seichte dunkle Furche. In dem Masse wie der Strom länger einwirkt, wird sie tiefer und breiter, und rückt weiter in der Richtung des Stromes fort. Hat der Strom seine unterste Grenze erreicht, so bleibt sie in einer Entfernung von 2—4^{mm} von der Grundfläche stehen.

Am Austrittsende zeigt sich nichts der Art. Die daselbst durch Diffusion entstandenen blauen Stellen bleiben weich, wie dies auch der Fall ist, wenn man Eiweiss noch so lange in Kupferlösung tauchen oder auf einem damit getränkten Bausche stehen lässt. Hat aber der Strom lange in derselben Richtung angehalten, so macht sich am Austrittsende eine leichte Anschwellung in Gestalt eines abgestumpften Kegels bemerkbar, dessen Grundfläche die vergrösserte blaugefärbte Grundfläche *A* des Eiweisscylinders ist, während seine abgestumpfte Spitze mit dem unveränderten mittleren Theile des Cylinders verschmilzt. In Fig. 4 ist diese Anschwellung, mit Rücksicht auf sogleich zu Erwähnendes, zu stark ausgeprägt.

Trägt man mit einem scharfen Messer die zwischen Grundfläche und Würgung gelegene Strecke des Eintrittendes in dünnen Scheiben ab, so bleibt dies ohne Wirkung auf den äusseren secundären Widerstand. Dieser verschwindet erst, und der Strom erreicht erst wieder seine ursprüngliche Stärke (s. oben S. 364. 382), nachdem man mit dem schichtweisen Abtragen des Eintrittsendes an die Würgung gelangt ist. Nicht das ganze Eintrittsende also, sondern die der Würgung entsprechende Scheibe desselben ist der eigentliche Sitz des äusseren secundären Widerstandes.

Die Würgung lässt sich ganz wie beim Eiweiss auch beim Leim, dem Knorpel, dem elastischen Gewebe, dem Rückenmark, dem Muskelfleisch und anderen feuchten porösen Körpern der Art wahrnehmen, wenn sie dem Strom hinreichend lange zwischen den Kupfersalz-Bäuschen ausgesetzt blieben.

Im Widerspruch mit früher von mir mitgetheilten Versuchen [1])

---

[1]) Bd. IV. d. Z., S. 155. 167.

muss ich endlich bemerken, dass sich mir neuerdings öfter ein Temperaturunterschied des Ein- und Austrittsendes, und zwar stets zu Gunsten des ersteren, dargeboten hat, jedoch ohne dass ich bis jetzt Gelegenheit genommen hätte, mich ausdrücklich und in Strenge davon zu überzeugen. Z. B. eine Dampfsäule stieg nur von dem Eintrittsende des feuchten porösen Körpers auf, von einem Leimprisma schmolz nur dies Ende u. d. m.

§. VIII. Vom äusseren secundären Widerstande bei Tränkung der Zuleitungsbäusche mit verschiedenen Flüssigkeiten.

Demnächst obliegt uns, um unsere Kenntniss des äusseren secundären Widerstandes zu erweitern, der Versuch, wie sich derselbe gestalten werde, wenn wir den Strom dem Eiweiss durch Bäusche zuführen, die, statt wie bisher mit Kupferlösung, mit verschiedenen Flüssigkeiten getränkt sind.

Dass schwefelsaure Zinkoxydlösung sich dabei im Wesentlichen gleich der Kupferlösung verhalte, ist schon bei Gelegenheit der Anordnung der Hülfskette erwähnt worden, deren Zuleitungegefässe und Bäusche jene Lösung enthielten (s. oben S. 381). Um aber unsere Erfahrungen in dieser Richtung zu vervielfältigen, überziehen wir jetzt die Zuleitungsbäusche mit Sicherheitsbäuschen, die gleichfalls mit Kupferlösung getränkt sind, und diese wiederum mit Hülfsbäuschen, welche die zu versuchenden Elektrolyten enthalten sollen; zwischen die Hülfsbäusche wird das Eiweiss gebracht.

Wählen wir zuerst Kochsalzlösung, wegen der bedeutenden Rolle, die sie in der Elektrophysiologie spielt. Man ist nicht wenig überrascht zu finden, dass Eiweiss zwischen zwei Kochsalz-Hülfsbäuschen noch so lange Zeit dem Strom ausgesetzt, keine Spur äusseren Widerstandes wahrnehmen lässt. Die Ablenkung wächst bei dieser Anordnung stetig, in Folge der Erhitzung des Eiweisses, bis das dynamische Gleichgewicht zwischen Wärmeerzeugung und -Abgabe erreicht ist. Umlegen der Wippe hat keine bemerkenswerthe Folge. Das Abschneiden des Eintrittsendes verstärkt den Strom nicht mehr als das des Austrittsendes. Das Eintrittsende zeigt übrigens ganz wie

mit der Kupferlösung die Würgung, nur natürlich nicht blau, sondern gelbgrau. Indem dasselbe fast bis auf die Hälfte seines Durchmessers einschrumpft, während das Austrittsende mehr und mehr anschwillt, nimmt ein Eiweisscylinder hier zuletzt die abenteuerliche Gestalt an, die Fig. 4 S. 383 zeigt. In Folge des Umkehrens des Stromes geht diese Gestalt wieder in die cylindrische über; die nicht ganz verschwindende Würgung am alten Eintrittsende verhindert aber, dass sich die Kegelgestalt in der anderen Richtung rein ausprägе, und der Cylinder erhält mehr die Form einer Birne, deren Stiel am neuen Eintritts- und deren sogenannte Knospe am neuen Austrittsende läge. Als ich am Eintrittsende keilförmig zugeschärfte Eiweissprismen zwischen die Kochsalz-Hülfsbäusche brachte, erhitzte sich die Schneide dermassen, dass die Leitung unter Knistern plötzlich ganz unterbrochen wurde. Nur indem ich den Strom der zwanziggliederigen Grove'schen Säule dem Eiweiss durch Kochsalz-Keilbäusche zuführte, gelang es mir zuletzt mit dieser Flüssigkeit äusseren secundären Widerstand in geringem Masse, theils durch langsames Wachsen der Stromstärke nach dem Umlegen der Wippe, theils durch den verschiedenen Erfolg beim Verrücken des Ein- und des Austrittsbausches nachzuweisen.

Da für gewöhnlich mit der Kochsalzlösung durchaus kein secundärer Widerstand auftritt, so lange nicht die Kupferlösung durch die Kochsalzbäusche hindurch zum Eiweiss dringt, so bietet sich jetzt eine bequeme Art dar, verschiedene Flüssigkeiten auf die Fähigkeit zu prüfen, mit Eiweiss secundären Widerstand zu geben, ohne für jede Flüssigkeit die Zuleitungsbäusche mit neuen Sicherheits- und Hülfsbäuschen überziehen, und ohne darauf Rücksicht nehmen zu müssen, ob die Grenze des mit der zu prüfenden Flüssigkeit getränkten Hülfsbausches und des Sicherheitsbausches ein Sitz secundären Widerstandes werde. Man bekleidet nämlich die Sicherheitsbäusche zuerst mit einem mehrere Millimeter dicken Blatt Modellirthon, dann mit einem Hülfsbausch, der mit Kochsalzlösung getränkt ist. Der Thon setzt keinen secundären Widerstand (s. oben S. 360) und verzögert die Diffusion der Lösungen, so dass man nicht so bald einer Erneuerung der Anordnung bedarf. Zwischen die Hülfsbäusche bringt man das Eiweiss-

ısma, das man mittendurchschneidet, und seine beiden Hälften durch
n mit der zu prüfenden Flüssigkeit getränkten Bausch von einander
ennt. Ich habe dergestalt eine ziemliche Anzahl von Versuchen an-
stellt, zu dem Zweck, die Eigenschaft zu entdecken, wodurch eine
lüssigkeit befähigt wird, mit Eiweiss secundären Widerstand zu
ben. Das Ergebniss derselben, verbunden mit dem der früheren
ersuche, ist in folgender Uebersicht enthalten. Die Lösungen waren,
) nicht das Gegentheil gesagt ist, gesättigt.

Secundären Widerstand gaben:

*Schwefelsaure Kupferoxydlösung.
*Schwefelsaure Zinkoxydlösung.
*Salpetersaure Silberoxydlösung.
*Neutrale essigsaure Bleioxydlösung.
*Chlorzinklösung.
*Alaunlösung.
*Verdünnte Schwefelsäure (SO_4 H : HO :: 1 : 19).
*Verdünnte Salpetersäure (Käufliche NO_5 : HO :: 1 : 9).

Dagegen versagten secundären Widerstand:

Chlornatriumlösung.
Dieselbe verdünnt mit dem dreifachen Volum Wassers.
Dieselbe verdünnt mit dem neunfachen Volum Wassers.
Chloramnioniumlösung.
Chlorcalciumlösung.
*Quecksilberchloridlösung.
Schwefelsaure Natronlösung.
Neutrale chromsaure Kalilösung.
Doppelt chromsaure Kalilösung.
Kohlensaure Kalilösung.
Kalihydratlösung.
Brunnenwasser.
*Absoluter Alkohol.
*Derselbe verdünnt mit dem halben Volum Wassers.
Essigsäure.

Bei vielen der letzteren Flüssigkeiten, welche gleich der Kochlösung keinen secundären Widerstand geben, wurde wie dort gleich-

wohl die Würgung am Eintrittsende des Eiweisscylinders beobachtet. Umgekehrt bot die Höllensteinlösung das Beispiel einer Flüssigkeit dar, mit welcher der stärkste secundäre Widerstand auftrat, ohne dass eine deutliche Spur von Würgung bemerkbar wurde. Der Strom sank nämlich damit viel zu schnell auf eine sehr niedere Stufe, als dass die Erscheinung Zeit gehabt hätte sich auszubilden.

Vielleicht ist nicht unnütz zu bemerken, dass es im Wesentlichen gleichgültig ist, ob man das Eiweissprisma zwischen Bäusche bringt, welche mit einer bestimmten Flüssigkeit getränkt sind, oder ob man es bogenförmig mit seinen beiden Enden in dieselbe Flüssigkeit taucht. Die von uns bis jetzt stets angewendete Versuchsweise hat keine andere Bedeutung, als dass sie eine grössere Bequemlichkeit gewährt und die Berührungsfläche des Eiweisses mit dem zuführenden Elektrolyten sicherer abzugrenzen erlaubt.

Sehr sonderbar ist aber, dass auch an einem flüssiges Eiweiss enthaltenden heberförmigen Rohr, welches in die mit Kupfer- oder Zinklösung gefüllten Zuleitungsgefässe umgestürzt ist, alle Erscheinungen des äusseren secundären Widerstandes, zwar langsam, aber in vollkommener Ausprägung und in grösstem Massstabe, auftreten. Dabei bildet sich in dem Rohr, vom Eintrittsende her, ein mit der Dauer der Schliessung bis zu einer gewissen Grenze fortschreitendes Gerinnsel, das der Sitz des secundären Widerstandes ist, da der Strom sich hebt wenn es entfernt wird. In das Austrittsgefäss verbreitet sich kein entsprechendes Gerinnsel. Mit Kochsalzlösung bleibt der Strom beständig.

§. IX. Vom äusseren secundären Widerstande bei Zuleitung des Stromes durch metallische Elektroden.

Ehe wir eine Erörterung dieser Thatsachen versuchen, wird es zweckmässig sein, unsere Versuche auch noch dahin abzuändern, dass wir den Strom dem Eiweiss statt durch Elektrolyte, durch metallische Elektroden zuführen, um zu sehen, ob sich dabei gleichfalls secundärer Widerstand nachweisen lasse. Es wird darauf ankommen, ob wir in dieser Bemühung nicht durch die Polarisation allzusehr gehemmt werden, die, wenigstens bei den negativeren Metallen, jetzt auch gegen

die elektromotorische Kraft der zwanziggliederigen Grove'schen Säule nicht mehr verschwinden dürfte.

Bringt man einen Eiweisscylinder mit seinen beiden Grundflächen zwischen Platinelektroden, die mit dieser Säule verknüpft sind, so sinkt unter lebhafter Gasentwickelung die Stromstärke rasch auf einen kleinen Bruchtheil ihrer Grösse, während sich am Austrittsende ein Kegel in der oben S. 384 beschriebenen Art ausbildet, der aber hier eine eigenthümliche Beschaffenheit hat. Er besteht nämlich aus einer durchsichtigen, von vielen (Wasserstoff-) Blasen erfüllten, äusserst weichen Masse, die wie hartgesottenes Kiebitzeiweiss aussieht, und aussen und innen stark alkalisch reagirt. Am Eintrittsende bewahrt das Eiweiss sein porzellanartiges Ansehen und fühlt sich härter an als in der Mitte, wo es unverändert bleibt; die harten Theile reagiren lebhaft sauer. Eine Würgung findet nicht statt. Legt man die Wippe um, so geht der Strom zuerst in einem Sprunge, dann aber so langsam in die Höhe, dass es ganz so aussieht, als habe man es mit dem Verschwinden secundären Widerstandes zu thun. Auf der Höhe verweilt der Strom nur einen Augenblick und sinkt dann wieder, und dieser Vorgang wiederholt sich so oft als man die Strömungsrichtung ändert, ohne dass auch bei langer Dauer des Stromes in der der ursprünglichen entgegengesetzten Richtung, der Eiweisscylinder seine Gestalt wieder annähme, geschweige ein Kegel an dem neuen Austrittsende sich bildete.

Sind die Platinoberflächen nur klein, wie es der Fall ist, wenn man Platindrähte als Elektroden einer fünf- bis zwanziggliederigen Säule in das Eiweiss einsticht, so verlaufen die Erscheinungen, was die Schwankungen der Stromstärke betrifft, ähnlich, nur dass das langsame Wachsen nach dem Umlegen vermisst wird. Es fragt sich, ob dasselbe hier auf secundären Widerstand zu deuten sei. Es könnte nämlich auch dadurch, dass sich der Polarisationsstrom plötzlich, statt sich vom ursprünglichen Strom abzuziehen, dazu hinzufügt, des letzteren thermische Wirkung wachsen, und den Widerstand des Eiweisses herabsetzen. Inzwischen ist erstens die Schwächung des Stromes zu beträchtlich, um sie allein der Polarisation zuzuschreiben, zweitens der positive Ausschlag beim Umlegen nicht so gross, wie er sein müsste,

wenn diese Schwächung allein von Polarisation herrührte. Drittens endlich zeigt sich, dass auch hier das Eintrittsende eine besondere Rolle bei der Schwächung des Stromes spielt, indem dem Abschneiden des zeitigen Eintrittsendes stets eine ungleich grössere Hebung des Stromes folgt als dem des zeitigen Austrittsendes. Hat man Platindrähte als Elektroden des geschwächten Stromes im Eiweiss stecken, und zieht man die Kathode heraus um sie wo anders einzustechen, so bleibt Alles beim Alten. Verfährt man ebenso mit der Anode, so erreicht der Strom auf Augenblicke seine ursprüngliche Grösse wieder. Dies zeigt um so sicherer, dass es sich hier um äusseren secundären Widerstand, und nicht um Polarisation handelt, als bei der Polarisation es bekanntlich gerade umgekehrt die Kathode ist, deren Erschütterung die Stromstärke wieder belebt [1]).

Mit Zinkelektroden folgt auf das Umlegen der Wippe, nachdem der Strom bis auf einen kleinen Bruchtheil geschwunden ist, keine Hebung der Stromstärke, sondern räthselhafterweise erneutes Sinken. Bei abermaligem Umlegen der Wippe (zur ursprünglichen Richtung) geht der Strom plötzlich in die Höhe bis etwa zu seiner anfänglichen Stärke, sinkt aber bald wieder eben so tief wie das erstemal. Ein drittes Umlegen hat wieder erneutes Sinken, ein viertes rasches Emporsteigen zur anfänglichen Höhe zur Folge, und so fort mit jedem ungeraden und jedem geraden Umlegen. Die äusseren Erscheinungen am Eiweisscylinder sind dabei dieselben wie mit dem Platin, der Kegel schien mir aber in derselben Zeit noch rascher zu wachsen als dort. Verquicktes Zink verhielt sich wie unverquicktes, Kupfer anfangs wie Zink, später mehr wie Platin.

Hier schliessen sich einige Wahrnehmungen verwandter Natur an Bäuschen, statt an Eiweiss, an. Auf ein Kupferelektrodenpaar bringe man Bäusche mit gesättigter schwefelsaurer Kupferlösung getränkt, und verbinde sie mittels Fliesspapierstreifen, die mit derselben Lösung getränkt sind; oder man treffe die gleiche Anordnung mit verquicktem Zink und Zinklösung. In beiden Fällen glaubt man alle

[1]) Die Literatur hierzu s. in meinen Untersuchungen über thierische Elektricität u. s. w. Bd. I. 1848. S. 212.

Bedingungen für die Beständigkeit des Stromes erfüllt zu haben. Mit nichten; bei zwanzig Gliedern im Kreise fast augenblicklich, noch bei fünf nach nicht allzulanger Zeit sieht man den Strom plötzlich bis auf einen kleinen Rest verschwinden. Legt man um, so stellt er sich im Nu wieder her, ohne dass langsames Wachsen folgt, und das Sinken beginnt von Neuem, früher oder später, je nach der Stromstärke. Aehnlich wirkt Oeffnen des Kreises während einiger Minuten. Die Besichtigung der Elektroden lehrt übrigens, dass der galvanoplastische Process nicht ordentlich von statten gehe. Bei gleicher Stärke des Stromes ist seine Unbeständigkeit um so grösser, je kleiner die Elektroden, je trockener die Bäusche und je fester sie den Elektroden anliegen. Nicht einmal wenn man die Elektroden mit darauf gebundenen Bäuschen in Gefässe taucht, die ein Schliessungsrohr überbrückt, oder wenn nur der einen ein Bausch anliegt, wird der Strom beständig. Nur der Theil desselben verhält sich so, der von den frei umspülten Kanten u. s. w. beider Metallplatten ausgeht.

Man sieht leicht, wie gefährlich diese Erscheinung in manchen Versuchen werden kann, wenn man nicht darauf vorbereitet ist. Dass es sich dabei im Wesentlichen nicht um Polarisation handelt, geht abermals aus dem Betrage der Stromschwächung und der beim Umlegen stattfindenden positiven Wirkung hervor, dann aber, in diesem Fall, auch noch daraus, dass dieselben Elektroden, von denselben Elektrolyten frei umspült, überhaupt keine hier in Betracht kommende Ladung annehmen. Die Erscheinung beurkundet sich vielmehr als dem Gebiete des secundären Widerstandes angehörig dadurch, dass man durch verstärkten Druck auf den Eintritts-, nicht auf den Austrittsbausch, die Stromstärke auf Augenblicke wiederherzustellen vermag.

§. X. Zur Theorie des äusseren secundären Widerstandes.

Dies sind die wichtigsten Thatsachen, die ich über den äusseren secundären Widerstand ermittelt habe. Eine sichere Deutung desselben darauf zu gründen, muss ich mich leider zur Zeit noch bescheiden.

Klar ist zunächst, dass der Unterschied in dem Verhalten des Ein- und Austrittsendes, wie er sich uns beim Eiweiss, dem Knorpel u. s. w. zwischen Kupfersalzbäuschen dargeboten hat, zu bringen ist auf Rechnung jener überführenden, oder, wie ich sie gern nenne, *kataphorischen* Wirkung des Stromes, deren Bedeutung in diesem Gebiete mit jedem Tage wächst, seit Hr. Wiedemann sie der Vergessenheit entrissen und ihre Gegenwart überall da wahrscheinlich gemacht hat, wo der elektrische Strom in Capillar-Aggregaten eingeengte Elektrolyte ergreift. Sobald der Strom begonnen hat, von Bausch zu feuchtem porösen Körper, von diesem zu Bausch überzugehen, reisst er auch die Flüssigkeiten darin mit sich, und treibt die Kupferlösung des Eintrittsbausches in das Eiweissprisma oder das Stück Rippenknorpel, das Wasser oder den Saft aus diesem in den Austrittsbausch hinein.

Es scheint beim ersten Blick, als müsse die Folge hiervon gerade das Umgekehrte vom äusseren secundären Widerstande sein. Man sollte meinen, das mit der besserleitenden Kupferlösung durchdrungene Eintrittsende, und somit der ganze feuchte poröse Körper, müsse an Widerstand verlieren.

Es giebt aber noch etwas anderes zu bedenken. Die verschiedenen Elektrolyte unterliegen der Fortführung im Strom bekanntlich um so mehr, je schlechter sie leiten. Die Feuchtigkeit im Eiweiss wird also schneller nach dem Austrittsbausch zu wandern, als die Kupferlösung darin ihr Platz machen kann. Daher rührt die kegelförmige Anschwellung am Austrittsende, welche um so grössere Dimensionen annimmt, je länger der Strom, wie dies beim Kochsalz u. s. w. der Fall ist, ungeschwächt, oder gar durch die von ihm selber ausgehende Erwärmung des Eiweisses verstärkt, seine kataphorische Wirkung übt. Ebenso wird die Eiweissfeuchtigkeit das Eintrittsende schneller räumen, als die Kupferlösung aus dem Eintrittsbausch ihr folgen kann. Daher muss hier, an der Grenze beider Flüssigkeiten, eine an Wasser verarmte und deshalb geschrumpfte und hornig verhärtete Stelle entstehen, die sich aussen als Würgung bemerklich macht. Die Würgung muss, wie die Erfahrung lehrt, mit der Dauer des Stromes an Tiefe und Breite zunehmen, denn mit dieser Dauer muss der Vorsprung wachsen, den die Eiweissfeuchtigkeit vor der

Kupferlösung gewinnt. Aber auch die Eiweissstrecke zwischen der Grundfläche und dieser Stelle muss, ganz wie wir es gefunden haben (s. oben S. 383, 384), härter erscheinen als eine durch Diffusion entstandene, weil das Wasser aus dem Eiweiss vertrieben wurde, ehe die gesättigte Lösung eindrang, welche das Eiweiss nicht wie Wasser aufzuweichen vermag.

So weit scheint Alles deutlich, und was liegt näher, als folgendermassen weiter zu schliessen. Die an Wasser verarmte Strecke muss nothwendig fast nichtleitend werden, und wirklich haben wir darin den eigentlichen Sitz des secundären Widerstandes erkannt. Die Würgung scheint also selber daran Schuld zu sein, dass sie nicht weiter vorschreitet, sondern auf einer gewissen Stufe der Ausbildung und in einer gewissen Entfernung vom Eintrittsende stehen bleibt. Dies geschieht, wenn der Strom dadurch so geschwächt ist, dass er den Widerstand nicht mehr zu überwinden vermag, der sich der Bewegung der Flüssigkeiten im Eiweiss entgegenstellt. Je kleiner übrigens der Querschnitt des Eiweissprisma's am Eintrittsende, um so schwächere Ströme werden dem Wasser über die Kupferlösung einen Vorsprung von gegebener Grösse verschaffen, oder in um so kürzerer Zeit wird bei gleicher Stromstärke der gleiche Vorsprung erreicht werden. Hört der Strom auf, so zieht das getrocknete Eiweiss rasch wieder Feuchtigkeit an. Darauf beruht die theilweise Wiederherstellung des Stromes durch das Oeffnen der Kette. Legt man die Wippe um, so wird die ausgedörrte Scheibe durch die mit dem Strome wiederkehrende Feuchtigkeit des Eiweisses bewässert, und der Strom geht schneller und viel weiter in die Höhe, ohne jedoch ganz die ursprüngliche Stärke wiederzuerlangen (s. oben S. 364. 382): denn in der That verändert die Würgung am alten Eintrittsende ihr Aussehen nur wenig unter dem Einfluss des umgekehrten Stromes, während man sofort eine solche auch an Stelle der früheren Anschwellung am alten Austritts-, dem neuen Eintrittsende, entstehen sieht.

Mit dieser Theorie stimmt es zwar, dass mit Salzlösungen getränkte balkenförmige Bäusche, als feuchte poröse Körper zwischen die Zuleitungsbäusche gebracht, keinen secundären Widerstand zeigen, insofern jene Lösungen etwa ebensoschnell wandern mögen, wie die Kupfer-

lösung der Zuleitungsbäusche. Die neutrale chromsaure Kali machte hiervon eine Ausnahme (s. oben S. 362); man müsste a um diesen Fall gehörig zu beurtheilen, erst noch mehr Versuche Lösungen angestellt haben, die mit Kupferlösung einen Nieders geben. Dagegen passt es entschieden nicht zur Theorie, dass schlemmter Sand (s. oben S. 361) und Modellirthon keinen secund Widerstand annehmen, dass letzterer, ohne eine Spur davon zu z die Kupferlösung mit der Zeit zu einem anderen feuchten po Körper, etwa Eiweiss, durch sich hindurch lässt, wo dann secund Widerstand erscheint. Auch passt es nicht dazu, dass das flü Eiweiss, oder vielmehr das darin durch die Metallsalzlösung er Gerinnsel, secundären Widerstand giebt. Das Fortschreiten de rinnung im Rohr vom Eintrittsende her hat man sich dabei wo zu denken, dass ursprünglich an der Berührungsfläche des Eiw mit der Metallsalzlösung eine Schicht gerinnt, in der dann die phorische Wirkung vor sich geht. Weshalb nicht dasselbe auc Austrittsende stattfinde, muss im Dunkel bleiben. Wie dem auc man würde sich hier vergebens, scheint es, nach den Beding umsehen, auf die wir die Theorie des äusseren secundären W standes gegründet haben.

Und wirklich, wie wohlgelungen sie sich auch beim erste blick ausnehmen mochte, in der Form, wie sie hingestellt wur die Theorie unhaltbar. Liessen sich auch jene beide Schwierig wegerklären, sie fällt rettungslos vor der Thatsache, dass es m Flüssigkeiten giebt, welche besser leiten und daher langsamer w als Kupferlösung, und welche keinen secundären Widerstand wohl aber die Würgung; und dass es umgekehrt eine Flüs giebt, die Höllensteinlösung, bei der, trotz dem sehr starken dären Widerstande, die Würgung vermisst wird. Die Würgung also ohne den secundären Widerstand, und dieser kann ohn bestehen. Da aber die Würgung, wo sie mit dem secundären W stande zusammen vorkommt, sich als dessen eigentlicher Sitz e so muss sie gleichwohl irgendwelche Beziehung dazu haben. Frage scheint nur zu sein, weshalb die Würgung bei gewissen sigkeiten nichtleitend werde, bei anderen nicht.

Eine Musterung der Flüssigkeiten, welche secundären Widerstand geben und versagen, führt in dieser Hinsicht zu keinem Ergebniss. Einen Augenblick glaubte ich, die Flüssigkeiten der letzteren Art seien vor denen der ersteren, wie die Kochsalzlösung vor der Kupferlösung, allgemein durch grössere Wassergier ausgezeichnet, und ich dachte mir den Zusammenhang so, dass, wo kein secundärer Widerstand stattfinde, die durch den Strom getriebene Feuchtigkeit des Eiweisses die Lösung nach sich ziehe, und deshalb die Würgung immer hinreichend gut leite. Allein erstens giebt auch eine verdünnte Kochsalzlösung keinen secundären Widerstand, obschon sie noch immer viel besser leitet, oder langsamer wandert, als die Eiweissfeuchtigkeit, während ihre Wassergier nur noch gering sein kann; für's Zweite hat, bei grösserer Vervielfältigung der Versuche, die Vertheilung der Flüssigkeiten in solche die Widerstand geben und die ihn versagen, überhaupt nicht mehr der kleineren und grösseren Wassergier derselben entsprochen, wie denn unter die ersteren Flüssigkeiten auch die so höchst wassergierige Chlorzinklösung zu stehen gekommen ist.

Eine andere Bemerkung ist vielleicht thatsächlich besser begründet, allein für das Verständniss ist damit nichts gewonnen. Die Sternchen bezeichnen nämlich unter den oben S. 387 angeführten Flüssigkeiten die, welche in dem filtrirten Hühnereiweiss einen undurchsichtigen Niederschlag bewirken. Wie man sieht, sind merkwürdigerweise alle Flüssigkeiten, welche secundären Widerstand geben, solche, welche das Eiweiss fällen; doch stehen auch einige Flüssigkeiten der Art in der Reihe derer, welche secundären Widerstand versagen. Ich vermag keine Hypothese zu ersinnen, wodurch das Vermögen einer Flüssigkeit, das Hühnereiweiss undurchsichtig zu fällen, verknüpft würde mit dem, in Berührung mit dem geronnenen Eiweiss unter dem Einfluss des Stromes secundären Widerstand zu erzeugen. Um zu ermitteln, ob wirklich eine solche Beziehung stattfinde, würden vielleicht ähnliche Versuchsreihen mit Glutin und Chondrin einen Weg abgeben.

Was die Erscheinungen bei Anwendung metallischer Elektroden betrifft, so kann man die Unbeständigkeit des Stromes, wenn unpolarisirbare Elektroden nicht frei von dem Elektrolyten umspült sind, sondern dieser in den Capillarräumen eines Bausches seiner Beweg-

lichkeit beraubt ist, zwar zunächst so auffassen, als verschliesse sich der Strom gleichsam selber die Thüre durch seine kataphorische Wirkung, indem er die an die Anode grenzende Lage des Bausches austrockene. Damit stimmt es, dass Anpressen des Bausches an die Anode den Strom auf Augenblicke wiederherstellt. Unerklärt bleibt aber dabei, dass der Strom auch unbeständig ist, wenn nur der Kathode ein Bausch anliegt. Man kann nur muthmassen, dass dabei Aehnliches vorgeht, wie wenn bei frei umspülten Elektroden deren eingetauchte Fläche zu klein im Verhältniss zur Stromstärke ist. Bei dem Eiweiss wird der Vorgang noch dadurch verwickelt, dass die von der Zersetzung der Salze des Eiweisses stammenden Anionen und Kationen sich in's Spiel mischen, wie sich dies in der Beschaffenheit des Ein- und Austrittsendes ausspricht. Dass die kegelförmige Anschwellung sich hier nicht durch Umlegen der Wippe von dem alten an das neue Eintrittsende verlegen lässt, rührt gewiss davon her, dass die alkalische Flüssigkeit nicht mehr hinlänglich der kataphorischen Wirkung gehorcht. Die Unregelmässigkeiten, welche die positiveren Metalle zeigen, bleiben vollends räthselhaft.

Unter solchen Umständen gebrach es mir vor der Hand an jedem Fingerzeig, um diese Untersuchung zu gutem Ende zu führen, und ich habe um so mehr geglaubt, dieselbe auf sich beruhen lassen zu dürfen, als mit der Einsicht, dass der äussere secundäre Widerstand auf einer rein örtlichen Wirkung an der Grenze der zuleitenden Theile der Vorrichtung und der feuchten porösen Körper beruht, die Erscheinung überhaupt das allgemeine Interesse eingebüsst hat, das ihr anfangs zuzukommen schien. Nun löst sich das Problem, welches sich uns darin darbot, zu ebensovielen Einzelaufgaben mehr untergeordneter Art auf, als sich Zusammenstellungen von Elektrolyten denken lassen, womit man die Bäusche und den porösen Körper tränken kann. Es ziehen uns unter diesen Aufgaben nur noch diejenigen an, deren Behandlung verspricht, zugleich die Bedingungen der elektrophysiologischen Versuche unmittelbar aufzuklären. Ich habe mich deshalb auch nicht weiter bemüht, die Art und Weise zu zergliedern, wie der äussere secundäre Widerstand am Eintrittsende anderer feuchter poröser Körper entsteht.

Nur über den äusseren secundären Widerstand, den mit verdünnter Schwefelsäure getränkte Bäusche zwischen den gewöhnlichen Zuleitungsbäuschen annehmen (s. oben S. 362), habe ich noch Versuche angestellt. Ich dachte mir nämlich, im Sinne der obigen Theorie, dass hier, wo der Elektrolyt im feuchten porösen Körper besser leitet, also langsamer wandert, als der in den Bäuschen, der äussere secundäre Widerstand seinen Sitz statt am Eintritts- vielmehr am Austrittsende haben werde. Ich führte deshalb den Strom der Säule einem balkenförmigen Schwefelsäure-Bausch durch Keilbäusche zu, und rückte, nachdem der Strom sich selbst so stark wie möglich geschwächt hatte, bald den Eintritts-, bald den Austrittsbausch, und zwar jeden derselben bald nach Innen, bald nach Aussen von der Stelle. Das Verrücken beider Bäusche nach Aussen brachte eine Schwächung, das Verrücken beider nach Innen eine Verstärkung des Stromes hervor, allein die Stromveränderung, welche dem Verrücken des Eintrittsbausches entsprach, übertraf in beiden Fällen die, welche dem des Austrittsbausches folgte. Jene Voraussicht fand sich also nicht bestätigt, und auch hier erscheint, wie schon oben S. 365 gezeigt wurde, das Eintrittsende als der Sitz des secundären Widerstandes. Inzwischen ist wohl der Vorgang hier ein ganz anderer als beim Eiweiss. Offenbar hatte der Schwefelsäurebausch in der ganzen Umgebung des Eintrittsbausches, d. h. auch nach Aussen von demselben, wo gar kein Strom hingelangt, einen grösseren Widerstand angenommen, als in der des Austrittsbausches. Ich vermuthe, dass dies von der thermischen Wirkung des Stromes herrührt. Der ganze Bausch wird nämlich sehr heiss, und man sieht demgemäss den Strom anfangs stets erst eine Zeit lang ansehnlich wachsen, bis die Stromabnahme erfolgt, die wir als Entwickelung äusseren secundären Widerstandes aufgefasst haben. Das vom Eintrittsbausch aus in den Schwefelsäurebausch eindringende Kupfersalz krystallisirt daselbst aus, verklebt die Lagen des Bausches mit einander und überzieht seine Oberfläche mit einem weisslichen Anfluge. Dies trockene Salz scheint es mir zu sein, welches den äusseren secundären Widerstand im Fall des Schwefelsäurebausches bedingt.

Ob der oben S. 385 erwähnte muthmassliche Temperaturunter-

schied des Ein- und Austrittsendes nicht vielleicht auch eine Rolle bei der Erzeugung des äusseren secundären Widerstandes spiele, muss ich dahingestellt sein lassen.

§. XI. Noch Einiges über den inneren secundären Widerstand.

Wir sind jetzt aller Wahrscheinlichkeit nach in den Stand gesetzt, unserer Kenntniss des inneren secundären Widerstandes noch Einiges hinzuzufügen. Das Mittel dazu wird uns in Aussicht gestellt durch die Entdeckung der Möglichkeit, feuchten porösen Körpern den Strom zuzuführen, ohne dass der äussere secundäre Widerstand sich einmische. Beim Eiweiss wird dies, wie wir gefunden haben, dadurch erreicht, dass man es von der Kupferlösung der Zuleitungsbäusche durch Kochsalz-Hülfsbäusche trennt. Es steht aber zu vermuthen, und findet sich glücklicherweise bestätigt, dass dieselbe Anordnung uns auch in Bezug auf ähnliche feuchte poröse Körper den gleichen Dienst leisten werde.

Bringt man zwischen jene Hülfsbäusche ein Prisma aus einer gekochten Kartoffel geschnitten, oder einen gekochten Begoniastiel, so zeigt sich in der That, dass der äussere secundäre Widerstand beseitigt ist. Die Ablenkung erscheint wegen der thermischen Wirkung des Stromes in stetigem Wachsen begriffen, und erreicht erst spät einen beständigen Werth. Legt man um, so kommt das Scalenbild sehr nahe in derselben Lage, meist in etwas grösserer Ablenkung, wieder zur Ruhe; langsames Wachsen findet nicht statt. Stellt man den gleichen Versuch mit den frischen Gewebetheilen an, so sinkt die Ablenkung sofort, und nähert sich allmälig einer unteren Grenze, wie vorher einer oberen. Dem Umlegen folgt langsames Wachsen bis zu einem gewissen Punkte, dann erneutes Sinken, u. s. w. Es ist kein Grund vorhanden, anzunehmen, dass an der Grenze der frischen Pflanzengewebe und der Kochsalzlösung sich secundärer Widerstand einstelle, wenn dies nicht mit den gekochten der Fall ist. Ueberdies lässt sich dessen Ausbleiben so darthun, dass man den Strom durch Keilbäusche zuführt und zeigt, wie das Verrücken weder des Ein- noch des Austrittsbausches anders auf die Stromstärke wirke,

als durch Veränderung der Länge der zwischen beiden begriffenen Strecke. Die Schwankungen, die der Strom in den frischen Pflanzengeweben zwischen Kochsalzlösung zeigt, sind also nur zu erklären durch einen inneren secundären Widerstand dieser Gewebe, dessen Dasein somit versprochenermassen (S. oben S. 372) noch auf einem vierten Wege beglaubigt ist.

Bei dieser Versuchsweise hat man Gelegenheit zu bemerken, was wegen des äusseren secundären Widerstandes früher nicht sicher anging, dass die Schwankungen des Stromes in Folge des inneren secundären Widerstandes, je länger man sie beobachtet, um so kleiner werden.

Jetzt kann es keine Schwierigkeit mehr haben, die Frage nach dem Einfluss der Stromdichte auf diesen Widerstand, die uns oben S. 377 ff. vergeblich beschäftigte, zu erledigen. Man braucht dazu nur zwischen die Kochsalz-Hülfsbäusche abwechselnd ein Kartoffelprisma von grossem, und ein solches von kleinem Querschnitt zu bringen, indem man zugleich dafür sorgt, dass die ursprüngliche Stromstärke in beiden Fällen die gleiche, oder mit dem dickeren Prisma etwas grösser sei als mit dem dünneren. Fallen alsdann die Schwankungen der Stromstärke mit dem dickeren Prisma absolut kleiner aus als mit dem dünneren, so kann dies nur daher rühren, dass der dichtere Strom in letzterem einen stärkeren inneren secundären Widerstand entwickelt. Ich habe diesen Erfolg mehrmals deutlich beobachtet, wobei ich es bequem fand, gewissermassen als Rheostat, um damit die Stromstärke beständig zu erhalten, einen Stab aus Modellirthon zwischen Bäuschen im Kreise zu haben, dessen Dimensionen sich leicht jeden Augenblick ändern lassen.

Wie schon oben S. 372 bemerkt wurde, ist gegen den bis jetzt gelieferten Beweis der Abwesenheit des inneren secundären Widerstandes in vielen feuchten porösen Körpern einzuwenden, dass dieser Beweis mittels eines Stromes geführt wurde, der durch den äusseren secundären Widerstand sehr geschwächt war. Immer würde ein bedeutender Unterschied in dieser Beziehung zu Gunsten der frischen Pflanzengewebe bestehen bleiben. Denn diese Gewebe leiten um so viel schlechter als z. B. das Eiweiss, dass der durch den äusseren

secundären Widerstand auf das Aeusserste geschwächte Strom in einem Eiweissprisma noch immer eine grössere Dichte besitzt als in einem Kartoffelprisma von gleichen Massen. Allein es wäre möglich, dass mit Kochsalz-Hülfsbäuschen sich jetzt Spuren des inneren secundären Widerstandes da entdecken liessen, wo sie mit den Kupfersalz-Zuleitungsbäuschen vermisst wurden.

Bei den gekochten Pflanzengewebetheilen ist dies indess nicht eingetroffen, und ebensowenig bei dem Eiweiss, in Bezug worauf der entscheidende Versuch sich schon oben S. 385 angestellt findet. Ist ein Eiweissprisma zwischen Kochsalz-Hülfsbäuschen dem Strom ausgesetzt, so folgt dem Umlegen der Wippe kein langsames Wachsen; also ist kein innerer secundärer Widerstand da. Dies ist nämlich die Gestalt, welche jetzt hier der Umkehrversuch annimmt, der oben S. 371 als für das Dasein des inneren secundären Widerstandes entscheidend erkannt wurde, indem bei der Geringfügigkeit der inneren Polarisation das Bedenken nicht stattfand, dem wir oben S. 389. 390, wo es sich um Polarisation metallischer Elektroden handelte, allerdings Gehör geben mussten. Man kann aber auch, wenn man vollends sicher gehen will, den Umkehrversuch in seiner ursprünglichen Form beibehalten. Auf beiderlei Art habe ich mich überzeugt, dass auch unter dem Einfluss des durch äusseren secundären Widerstand ungeschwächten Stromes der zwanziggliederigen G r o v e'schen Säule, Sehne, Rückenmark und Muskelfleisch vom Rinde, letzteres längs der Faser sowohl als senkrecht darauf durchströmt, keinen inneren secundären Widerstand annehmen.

Nun aber erhebt sich eine Frage von wesentlichem Interesse. Die Pflanzengewebe büssen durch das Kochen die Empfänglichkeit für den secundären Widerstand ein. Das todte Holz, die im Papier und der Pappe verarbeitete Pflanzenfaser nehmen keinen solchen Widerstand an. Die thierischen Gewebe, die wir bisher darauf geprüft haben, waren zwar so frisch, wie man sie aus dem Schlachthause bekommen kann, da sie aber von Warmblütern stammten, unstreitig als todt anzusehen. Es ist also die Möglichkeit da, dass thierische Gewebe, die noch im Besitz ihrer Lebenseigenschaften verharren, jenes Widerstandes fähig seien. Unterstützt wird diese Vermuthung durch

die Wahrnehmung, dass Muskeln, ganz wie Kartoffeln und Begoniastiele, durch Kochen sehr an Leitungsgüte zunehmen. Obwohl es vielleicht nicht unthunlich wäre, Versuche über den inneren secundären Widerstand an lebenden Warmblütern, ja am Menschen selbst, anzustellen, habe ich mich in dieser Rücksicht bisher auf die uns zunächst angehenden Muskeln und Nerven des Frosches beschränkt.

Das beste Versuchsobject, was die Muskeln betrifft, wird durch die Gruppe der beiden ziemlich parallel-faserigen starken Muskeln des Oberschenkels, des *Adductor magnus* und *Semimembranosus* Cuv., geboten. Man lässt dem oberen Ende der Gruppe die Symphyse, dem unteren das obere Ende der Tibia, und spannt die Muskeln in der früher[1]) von mir beschriebenen kleinen Spannvorrichtung wagerecht so stark aus, dass bei Zuckungen keine in Betracht kommende Verschiebung der Muskeloberfläche an den ihr anzulegenden Kochsalz-Keilbäuschen stattfinden kann. Es ist deshalb zweckmässig, den zwischen dem *Adductor magnus* und dem *Semimembranosus* gelegenen, aus zwei kurzen Köpfen bestehenden *Semitendinosus* Cuv. zu entfernen. Denn wenn man den langfaserigen beiden anderen Muskeln die obenbezeichnete Spannung ertheilt, läuft man Gefahr, den *Semitendinosus* so stark zu spannen, dass er entweder rasch abstirbt[2]), oder gar zerreisst. Die Schneiden der Keilbäusche bekleidet man, um das Anätzen zu verhindern, mit Rücksicht auf die lange Dauer der Versuche, mit doppelten Eiweisshäutchen. Man legt der Muskelgruppe die Schneiden innerhalb der Elfenbeinplatten der Spannvorrichtung, und letzteren so nahe wie möglich an. Dazu ist es vortheilhaft, dem Keilbausch auf dem Zuleitungsbausch die umgekehrte Lage von der gewöhnlichen zu geben, wie sie Fig. 2 (s. oben S. 365) zeigt, nämlich die, wobei die Abschrägung des Keiles nicht nach der hinteren, sondern nach der vorderen Seite des Zuleitungsbausches sieht. Zwischen den Kochsalz-Keilbäuschen des Hauptstromes legt man der anderen Seite der Muskelgruppe die gleichfalls mit doppelten Eiweisshäutchen

---

[1]) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. I. 1849. S. 67. Taf. I. Fig. 86. 87.

[2]) Ebendas. S. 70

bekleideten Schneiden der mit schwefelsaurer Zinkoxydlösung getränkten Keilbäusche der Hülfskette an.

So kann man nunmehr mit den lebenden Muskeln die nöthigen Versuche anstellen, um zu erfahren, ob sich in deren Innerem secundärer Widerstand entwickele, oder nicht. Es zeigt sich, dass der Hauptstrom, abgesehen von der thermischen Verminderung des Widerstandes, beständig bleibt, er stamme von fünf oder von zehn Grove'schen Gliedern, welche hier, wegen des kleineren Querschnittes, gewiss eine gleiche Dichte erzeugen, wie zwanzig in den bisherigen Versuchen. Umlegen bringt, bei nur kleiner Gliederanzahl der Säule, einen leichten positiven Ausschlag hervor, der von innerer Polarisation herrührt, und dem kein langsames Wachsen folgt. Den Hülfsstrom findet man, unter Berücksichtigung der inneren Polarisation (s. oben S. 368) und der Erwärmung der Muskeln durch den Hauptstrom, nach dem Durchgang des letzteren so stark wie vorher. Nach dem Oeffnen des Hauptstromes steigt der Hülfsstrom nicht an. Ob der Hauptstrom in den Muskeln auf- oder absteige, oder quer durch eine grössere Muskelmasse, z. B. durch die Dicke der beiden Oberschenkel, fliesse, ist für den Erfolg gleichgültig. Nach den Versuchen waren meist die Muskeln noch zuckungsfähig.

Was die Nerven betrifft, so ist man natürlich an die Ischiadnerven gewiesen. Man bereitet sich rasch acht derselben, legt sie mit ihren centralen und ihren peripherischen Enden zusammen, so dass sie ein Bündel bilden, welches der Austrocknung hinreichend lange widersteht, und spannt sie wagerecht zwischen zwei an einem Glasstabe verschiebbaren, passend geformten Korkstücken aus, auf deren Oberfläche man sie mit Insektennadeln feststeckt. Dann legt man ihnen ganz wie den Muskeln die beiden Paare von Keilbäuschen an. Der Erfolg ist der nämliche, wie bei den Muskeln, nur dass die Störungen durch die innere Polarisation minder fühlbar sind.

Es ergiebt sich also schliesslich, dass die Muskeln und Nerven den inneren secundären Widerstand im Leben so wenig wie im Tode in merklichem Grade annehmen, und die frischen Pflanzengewebetheile sind nach wie vor die einzigen feuchten porösen Körper, die uns denselben gezeigt haben.

§. XII. Was sich zur Zeit über die Natur des inneren secundären Widerstandes sagen lasse.

Es würde übrig bleiben über die Natur der Erscheinung, wenn es angeht, eine Vermuthung aufzustellen. Leider sind uns die Flügel hier noch viel mehr als beim äusseren secundären Widerstande beschnitten.

Zunächst nämlich ist zu bemerken, dass das Mikroskop in den dem Strome der zwanziggliederigen Grove'schen Säule unterworfenen Pflanzengeweben durchaus keine Veränderung zeigt, die als Ursache des secundären Widerstandes zu deuten wäre. Ich habe vergeblich danach gesucht bei der Kartoffel, der Mohrrübe, der Petersilienwurzel und dem Begoniastiel. Das Einzige, was sich darbietet, ist gelegentlich die merkwürdige, von Hrn. Jürgensen beschriebene Bewegung fester Theilchen in der dem Strom entgegengesetzten Richtung [1]). Ich habe dieselbe namentlich in sehr auffallender Weise an den Stärkekörnchen im Inneren der Kartoffelzellen gesehen, welche, wo sie hinreichend lose lagen, mit der vollkommensten Regelmässigkeit, sobald der Strom geschlossen wurde, sich an die Eintrittswand drängten, sobald er umgelegt wurde, sich nach der neuen Eintrittswand begaben, kurz mit der Wippe, so zu sagen, hin und her pendelten; so dass man so gewiss, wie aus der Ablenkung der Magnetnadel, die Richtung des negativen Stromes aus seiner *anaphorischen* Wirkung auf die festen Theilchen würde bestimmen können.

Hier also gebricht es uns von vorn herein an jedem Anhaltspunkt, um daran eine Erklärung der Erscheinung zu knüpfen. Man kann nun zwar leicht mehrere Vermuthungen darüber aufstellen, wie der Strom innerhalb eines feuchten porösen Körpers einen Widerstand hervorrufen könne. Man kann sich z. B. den inneren secundären Widerstand als in dem nämlichen Verhältniss zur inneren Polarisation denken, wie den Uebergangswiderstand an der Grenze metallischer Elektroden zur Polarisation dieser letzteren. Ich erwähne diese Hy-

[1]) Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv für Anatomie und Physiologie u. s. w. 1860. S. 673.

pothese nur, weil sie mich zu einer Zeit, wo ich noch nicht im Stande war ihre Unhaltbarkeit zu durchschauen, zu einem Versuch veranlasste, dessen nutzlose Wiederholung, wenigstens in derselben Form, ich gern Anderen ersparen möchte.

Ich tränkte eine ansehnliche Masse Platinschwamms, deren Benutzung ich der Güte des Hrn. Dr. Quinke verdankte, mit destillirtem Wasser, ferner Holzkohle mit derselben Flüssigkeit oder mit Kochsalzlösung, setzte sie in passender Weise einem starken Strom aus, in dessen Kreise sich die Bussole befand, und versuchte ob es gelingen werde, beim Umkehren des Stromes in den feuchten porösen Körpern, langsames Wachsen der Stromstärke zu beobachten. Dies wäre unter gewissen Voraussetzungen zu deuten gewesen auf Verschwinden des Uebergangswiderstandes, und hätte für das Dasein eines solchen einen mehr unmittelbaren Beweis abgegeben, als die bisher vorhandenen. Ich bekam aber mit Sicherheit nichts zu sehen, als die gewaltigen Wirkungen der gewöhnlichen Polarisation.

Jene Hypothese scheitert, wie jetzt leicht ersichtlich, erstens an dem Mangel an Proportionalität zwischen innerer Polarisation und innerem secundären Widerstande, zweitens daran, dass dieser Widerstand bis jetzt nur am frischen Pflanzengewebe beobachtet ist. Letzterer Umstand bricht überhaupt den Stab allen solchen Vermuthungen hinsichtlich des inneren secundären Widerstandes, die auf beliebige, mit Elektrolyten getränkte Capillar-Aggregate passen. Es ist vielmehr klar, dass es hier zunächst einer Annahme bedarf, wodurch wenigstens diese Art feuchter poröser Körper vorweg ausgeschlossen werde. Eine solche Annahme würde jetzt z. B. sein, dass der innere secundäre Widerstand auf der häufigen Wiederholung der Bedingungen des äusseren secundären Widerstandes im Inneren eines Körpers beruhe, insofern man nämlich als allgemeinste Vorbedingung des äusseren secundären Widerstandes irgend welche Discontinuität der Leitung hinstellen kann. Allein es möchte schwer sein, in den frischen Pflanzengeweben eine sich oft wiederholende Discontinuität der Leitung zu entdecken, welche sich erstens auch nur einigermassen dem vergleichen liesse, was wir zur Erzeugung des äusseren secundären Widerstandes als nöthig erkannt haben, und welche sich zweitens nicht auch in den

des inneren secundären Widerstandes unfähigen Thiergeweben nachweisen liesse.

Der Fingerzeig endlich, den man darin hätte sehen können, dass die Pflanzengewebe, wenn sie durch das Kochen die Fähigkeit einbüssen, inneren secundären Widerstand anzunehmen, zugleich besser leitend werden, hat seine Bedeutung dadurch verloren, dass auch die Muskeln durch das Kochen an Leitungsgüte gewinnen, ohne darum im Zustande des Lebens des inneren secundären Widerstandes fähig zu sein.

§. XIII. Anwendung der Erfahrungen über den secundären Widerstand auf die elektrophysiologischen Versuche.

Doch kümmert uns der schlechte Erfolg dieser theoretischen Bemühungen für jetzt nicht. Für uns ist, was den secundären Widerstand betrifft, Alles damit gewonnen, dass wir die Muskeln und Nerven von dem Verdacht gereinigt haben, damit behaftet zu sein. Es wäre dadurch, bei unzähligen Gelegenheiten, den thierisch-elektrischen und elektrischen Reiz-Versuchen eine Verwickelung mehr aufgebürdet worden, der wir nun glücklich überhoben sind.

Um so mehr Beachtung verdient bei manchen dieser Versuche der äussere secundäre Widerstand. Gleich den todten Geweben der Warmblüter sind die lebenden Muskeln und Nerven des Frosches dafür empfänglich; ja die Kleinheit der Flächen, die sie stets nur der Berührung bieten, lässt sie sogar in hohem Grade so erscheinen.

Wird der Strom von zehn bis zwanzig Grove'schen Gliedern durch mit schwefelsaurer Kupferoxydlösung getränkte Keilbäusche der wie oben S. 401 aufgestellten Muskelgruppe zugeführt, so findet man ihn fast unmittelbar nach der Schliessung in raschem Sinken begriffen, und es bleibt zuletzt nur wenig davon übrig. Wo der Eintrittsbausch den Muskeln anlag, bemerkt man eine blaugrüne, verhärtete Stelle, die der Würgung beim Eiweiss entspricht. Eiweisshäutchen wie Thonschilder sind unvermögend dem Sinken Einhalt zu thun. Unter dem Einfluss des Stromes durchdringt das Salz bald den Thon, die Eiweisshäutchen aber werden, wie sich erwarten liess, selber ein Sitz secun-

dären Widerstandes. Rückt man am Eintrittsbausch, oder entfernt man dessen Eiweisshäutchen, so bleibt Alles beim Alten. Rückt man am Austrittsbausch, so erfolgt eine Hebung der Stromstärke, jedoch nur um einen Theil des Verlustes, den sie durch Entwickelung des secundären Widerstandes erlitt. Ihren ursprünglichen Werth erlangt sie erst wieder, mit anderen Worten, der übrige Theil des secundären Widerstandes wird erst beseitigt, wenn man den Eintrittsbausch, indem man ihn verrückt, zugleich von seinen Eiweisshäutchen befreit.

Noch mit nur drei Grove'schen Gliedern erfolgen diese Erscheinungen, nur minder scharf ausgeprägt, langsamer verlaufend, und nicht selten in der Art unregelmässig, dass nur wenn der eine Bausch dem Strome zum Eintritt dient, secundärer Widerstand erscheint, bei der anderen Richtung nicht, ein Verhalten, welches wir beim Eiweiss künstlich zu erzeugen vermochten (s. oben S. 382). Mit zwei Gliedern sind nur noch Spuren vom secundären Widerstande da, mit einer einfachen Kette ist der Strom beständig, wenn man von der inneren Polarisation absieht.

Ganz ähnliche Erfolge beobachtet man an den Nerven; wenn dieselben gleiche Länge mit den Muskeln haben, wegen ihres geringeren Querschnittes, trotz der kleineren Berührungsflächen, jedoch erst bei grösserer Gliederzahl der Säule. Endlich die schwefelsaure Zinkoxydlösung verhält sich auch hier, wie wir dies schon beim Eiweiss erfahren haben, gleich der Kupferlösung.

Aus diesen Thatsachen fliesst die wichtige Regel, dass wenn man Muskeln oder Nerven beständige Ströme von einiger Stärke zuzuführen wünscht, man bei Gefahr, secundären Widerstand zu erwecken, und ganz abgesehen von der der Anätzung, die thierischen Theile nicht unmittelbar mit der Metallsalzlösung der unpolarisirbaren Combination berühren darf, deren man sich zur Zuleitung bedient. Ebensowenig darf man sich den mit solchen Lösungen getränkten Bäuschen anvertrauen, nachdem dieselben mit Eiweisshäutchen bekleidet sind. Nicht einmal auf die von Hrn. Pflüger[1]) angegebenen Eiweissröhren

[1]) Untersuchungen über die Physiologie des Electrotonus. Berlin 1859. S. 98 ff.

in der Form, wie er sie angewendet hat, dürfte unbedingter Verlass sein. Das Gerinnsel, welches sich an der Grenze des Eiweisses und der Metallsalzlösung bildet, kann, wie wir oben S. 388 gesehen haben, der Sitz eines sehr ansehnlichen secundären Widerstandes werden.

Durch diesen Umstand würde die Anwendbarkeit der unpolarisirbaren Elektroden eine sehr empfindliche Beschränkung erleiden, wenn nicht die vorigen Untersuchungen uns auch sogleich das Mittel böten, demselben erfolgreich zu begegnen, freilich auf Kosten der Einfachheit der Anordnung. Dies Mittel haben wir bereits oben S. 401, 402 in Gebrauch gezogen. Es besteht darin, die thierischen Theile oder das sie vor der Anätzung schützende Eiweiss, es möge nun aufgeweichte Blase befeuchten oder in Röhren enthalten sein, von der Metallsalzlösung der unpolarisirbaren Combination durch eine Schicht einer der Salzlösungen zu trennen, die wir oben S. 387 als unfähig erkannt haben, in Berührung mit den Thiergeweben und mit Eiweiss secundären Widerstand zu erzeugen, am bequemsten von Kochsalzlösung.

Auf dem mit schwefelsaurer Zinkoxydlösung getränkten Zuleitungsbausch der verquickten Zinkgefässe wird also, um Muskeln oder Nerven den Strom mehrerer Grove'schen Glieder ohne Besorgniss vor Störungen durch den secundären Widerstand zuzuführen, ein mit Eiweisshäutchen bekleideter Kochsalz-Keilbausch auzubringen sein. Man trennt ihn von dem Zuleitungsbausch, um diesen vor Verunreinigung zu schützen, durch einen mit Zinklösung getränkten Sicherheitsbausch und ein mehrere Millimeter dickes Blatt Modellirthon. Da auch verdünnte Kochsalzlösung, ja sogar Brunnenwasser, keinen secundären Widerstand giebt, und da ein geringer Unterschied in der Concentration der Kochsalzlösung der beiden Keilbäusche hier von keiner Bedeutung sein kann, so braucht dieselbe nicht gesättigt, sondern nur eben so concentrirt zu sein, wie es die Rücksicht auf die Leitungsfähigkeit des Kreises erheischt. Dies hat den Vortheil, einerseits die Anätzung der thierischen Theile, andererseits die Verunreinigung der Zinkbäusche, mehr zu verzögern, als dies beziehlich die Eiweisshäutchen und die Thonschicht allein thun würden.

Die oben S. 386 beschriebenen Versuche genügen, um die gute

Wirkung dieser Massregeln darzuthun. Bei Befolgung derselben bleibt, abgesehen von der inneren Polarisation und von der Verminderung des Widerstandes durch die thermische Stromwirkung, auch wohl durch das Eindringen der Salzlösungen in Thon und Eiweisshäutchen, die Stromstärke beständig, selbst bei zwanzig Grove'schen Gliedern im Kreise, und bei noch so langer Dauer der Schliessung. Es zeigt sich somit auf doppeltem Wege, das eine Mal bei sehr schwachen Strömen und Metallsalz-Keilbäuschen, das andere bei beliebig starken Strömen und Kochsalzbäuschen, dass die hier in Rede stehenden, uns vorzugsweise interessirenden Combinationen dem hartgesottenen Eiweiss an Empfänglichkeit für den secundären Widerstand doch glücklicherweise nicht ganz gleichkommen.

Wo man grosse Widerstände nicht zu scheuen braucht, und deshalb die Pflüger'schen Eiweissröhren anwenden kann, wird man das Eiweiss gleichfalls noch durch Kochsalzlösung von der schwefelsauren Zinkoxydlösung zu trennen haben, die jetzt wohl, in Verbindung mit verquickten Zinkelektroden, an Stelle der Kupferlösung mit Kupferelektroden treten wird, wie Hr. Pflüger sie anwendete. Dies wird, wenn man die Pflüger'sche Einrichtung sonst unverändert beibehalten will, einfach so geschehen können, dass man das heberförmige, an beiden Enden mit Blase überbundene Rohr, welches einerseits in das weite Ende der Eiweissröhren, andererseits in das die metallische Elektrode enthaltende Gefäss mit der entsprechenden Metallsalzlösung taucht, statt gleichfalls mit dieser Lösung, mit Kochsalzlösung füllt. Es trifft sich dabei glücklich, dass sogar die gesättigte Kochsalzlösung (Dichte 1,207) gut auf der gesättigten schwefelsauren Zinkoxydlösung (Dichte 1,441) schwimmt. In der Blase entsteht kein secundärer Widerstand; an der Grenze des Eiweisses und der Nerven und Muskeln kann dies doch wohl ebensowenig der Fall sein.

Bei den thierisch-elektrischen Versuchen, insofern es sich dabei nur um Ableitung der in den thierischen Theilen erzeugten Ströme, nicht zugleich um Erregung dieser Theile auf elektrischem Wege handelt, dürfte der äussere secundäre Widerstand so wenig in Betracht kommen, als, wie wir jetzt wissen, der innere. Immerhin kann es als ein glücklicher Zufall erscheinen, dass fast in allen bisherigen

Versuchen eine zuleitende Flüssigkeit angewendet wurde, welche vollends den Verdacht auf eine Einmischung des secundären Widerstandes ausschliesst, die Kochsalzlösung. So z. B. giebt es eine räthselhafte Erscheinung, die bei den Versuchen mit künstlichem Querschnitt fortwährend auftritt, und die man, wenn nicht jener Umstand wäre, wohl geneigt sein könnte, dem secundären Widerstande zuzuschreiben. Dies ist die schwächende Wirkung, welche die zunächst an den Querschnitt grenzende Schicht nach kurzer Zeit auf den Strom ausübt, so dass die Entfernung dieser Schicht eine bedeutende Hebung der Stromstärke bewirkt[1]). In der That entspricht, wie man sieht, in Bezug auf den Muskel- oder den Nervenstrom der künstliche Querschnitt dem Eintrittsende des durchströmten Eiweissprisma's. Nach dem, was wir über den secundären Widerstand ermittelt haben, hat es jetzt kaum den Anschein, als ob dieser Muthmassung noch irgend ein Werth beizulegen wäre. Ich habe mich ausdrücklich davon überzeugt, dass der künstliche Querschnitt nicht etwa eine besondere Empfänglichkeit für den secundären Widerstand besitzt.

Der Kochsalz-Keilbäusche, der Pflüger'schen Eiweissröhren mit der bezeichneten Abänderung, wird man sich bedienen, wo es immer geht, um den Nerven und Muskeln Ströme zuzuführen. Doch können Fälle eintreten, wo man, z. B. durch die räumlichen Verhältnisse einer Anordnung, genöthigt ist, metallische Elektroden anzuwenden. Alsdann liegt, um sowohl die ursprünglichen Ungleichartigkeiten, als die Polarisation, unschädlich zu machen, der Rathschlag nahe, bei so grossen Widerständen im Kreise, dass man die gewünschte Stromstärke erhält, so grosse elektromotorische Kräfte aufzubieten, dass jene Störungen dagegen verschwinden. Wo es sich nur darum handelt, rasch vorübergehende Einwirkungen zu erzielen, so dass man Inductionsschläge anwenden kann, ist dieser Rathschlag untadelhaft, da er

---

[1]) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. 2. Abth. 1860. S. 108. 113. 122. — [Ich ergreife die Gelegenheit, welche mir der erneute Abdruck dieser Stelle bietet, um sie nach neueren Erfahrungen zu berichtigen. Ich habe nämlich bei Wiederholung meiner Versuche mit unpolarisirbaren Zuleitungsgefässen mich von jener dem künstlichen Querschnitt der Muskeln zugeschriebenen Wirkung nicht überzeugen können. Januar 1862. E. d. B.-R.]

nicht einmal die Unbequemlichkeit bedingt, die stets aus der Handhabung vielgliederiger Säulen erwächst, sondern nur gewisse Rücksichten wegen der unipolaren Zuckungen auferlegt. Sollen aber die Ströme anhaltend und zugleich beständig sein, so sind durch die Versuche, die wir oben mit Eiweiss zwischen verschiedenen Arten metallischer Elektroden angestellt haben, die Aussichten für diesen Fall sehr getrübt. Die Wiederholung dieser Versuche mit Nerven und mit Muskeln, die ich auf Korkstegen mittels Insektennadeln über verschiedene Elektrodenpaare, von Platin, Kupfer, Zink, verquicktem Zink, ausspannte, ergab unmittelbar, dass an Beständigkeit des Stromes unter diesen Umständen nicht zu denken sei, und zwar nicht, wie man bisher glaubte, wegen der Ungleichartigkeiten oder der Polarisation, die man leicht gegen die elektromotorische Kraft der Säule verschwinden machen kann, sondern wegen des secundären Widerstandes. Bei den positiveren Metallen stellen sich überdies leicht Unregelmässigkeiten gleich den oben S. 390 beschriebenen ein.

§. XIV. Ueber die Elektrodiffusion am erregbaren Muskel.

Bei den vorigen Versuchen drängte sich mir an den Muskeln fortwährend die merkwürdige Erscheinung auf, die kürzlich Hr. Kühne beschrieben hat [1]), und ich kann nicht umhin, hier schliesslich Einiges darüber zu sagen.

Wird ein dünner regelmässig gefaserter Froschmuskel, etwa der *M. sartorius,* über die Platin- oder Zink-Elektroden, oder über die Keilbausch-Schneiden einer fünf- bis zwanziggliederigen Grove'schen Säule ausgespannt, so sieht man nach der Schliessungszuckung eine fluthende Bewegung, gleich einem Strömen des Muskelbündelinhalts, in der Richtung des positiven Stromes. Wellenartige Verdickungen kurzer Strecken einzelner Bündel oder Bündelgruppen laufen mit grosser Geschwindigkeit von der Anode zur Kathode. Diese Geschwindigkeit ist noch nicht gemessen, auch ist noch nicht ermittelt, welche Beziehung sie mit der Stromstärke verknüpfe. Die Bewegung ändert ihre Richtung augenblicklich mit der des Stromes. Hält man

[1]) Ueber das Porret'sche Phänomen am Muskel. Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv u. s. w. 1860. S. 542.

die Kette dauernd geschlossen, so wird die Bewegung schwächer und hört zuletzt ganz auf. Ausserdem sieht man bei der Schliessung die Muskelmasse selbst scheinbar der Kathode zustürzen, bei der Oeffnung davon zurückweichen, beim Umlegen von der einen zur anderen Elektrode hinfahren. Lässt man den Muskel zwischen metallischen Elektroden lange in derselben Richtung durchströmen, so findet sich da, wo er die Kathode berührte, eine gallertartige Anschwellung, während er nach der Anode zu verjüngt, dicht unterhalb derselben aber weiss und undurchsichtig erscheint.

In diesen dauernden Veränderungen, denen auch ein abgestorbener Muskel unterliegt, erkennt man leicht die vereinte Wirkung der kataphorischen Thätigkeit und der Elektrolyse wieder, wie wir ihr beim Eiweiss begegnet sind (s. oben S. 389. 395. 396). Es fragt sich aber, was von jenen bald vorübergehenden Bewegungserscheinungen am noch erregbaren Muskel zu halten sei. Hr. Kühne fasst, wenn ich ihn recht verstehe, in seiner vorläufigen Mittheilung dieselben so auf, als sei das scheinbare Strömen während des Säulenschlusses der Ausdruck des Porret'schen Phänomens am Muskel. Er betrachtet die einzelnen Wellen, die von der Anode nach der Kathode laufen, als ebensoviele Ueberführungsacte, wodurch contractile Substanz an den negativen Pol befördert werde. Beim Oeffnen kehre diese Substanz zurück, die Rückbewegung könne durch die überführende Kraft des entgegengesetzten Stromes unterstützt werden, u. s. f.

Ich kann dieser Deutungsweise meines geehrten Freundes nicht beistimmen. Von vorn herein ist dagegen zu sagen, dass das scheinbare Strömen zu rasch geschieht, um die geringe Anschwellung an der Kathode als dessen Ergebniss gelten zu lassen. Dann sieht man nicht, weshalb die kataphorische Wirkung stets nur einzelne Theile einzelner Bündel, anstatt gleichzeitig die ganze intrapolare Muskelmasse, ergreife; auch nicht, warum mit der Erregbarkeit zugleich die Bewegung aufhöre, da die gröberen physikalischen Verhältnisse dieselben bleiben, die bei der Ueberführung allein in Betracht kommen. Seit Hrn. Kühne's Mittheilung ist durch Hrn. Jürgensen bekannt geworden, dass die festen Körper, unter anderen Froschblutzellen, statt wie die Elektrolyte mit dem positiven Strome, gegen denselben

wandern. Danach ist zu erwarten, dass auch die Disdiaklasten stromaufwärts wandern werden.

Ich habe mir, jedoch vergeblich, viel Mühe gegeben, eine mikroskopische Anschauung von dem Vorgange im Muskel bei jenem scheinbaren Strömen zu gewinnen. Am besten gelang mir dies noch am *Platysma myoïdes* des Frosches. Der Muskel war mit Blutserum befeuchtet und mit einem Deckgläschen zugedeckt. Die Vergrösserung wechselte von der 15- bis 500fachen, die Zahl der Säulenglieder von fünf bis zwanzig. Der Strom wurde dem Muskel einerseits durch ein anhängendes Stück Kehlhaut, andererseits durch ein Stück des geraden Bauchmuskels zugeführt. Stets indess stellten sich die Wellen nur als rasch über das Gesichtsfeld fliegende Schatten dar, und ich halte es für unmöglich das Verhalten der Querstreifen darin anders als etwa bei augenblicklicher Beleuchtung zu erkennen, was aber seine grossen Schwierigkeiten haben möchte. Hingegen ist es leicht, während das scheinbare Strömen noch fortdauert, an solchen Strecken der Bündel, die gerade ruhig liegen, sich zu überzeugen, dass auch bei der ansehnlichen Stromdichte, wie zwanzig Grove'sche Glieder sie in dem kurzen und dünnen Platysma erzeugen, keine Bewegung der contractilen Substanz stattfindet. Hat das Strömen aufgehört, so erscheint das Gesichtsfeld vollends ruhig, da doch die Elektrodiffusion ihren Gang geht.

Ich habe auch Schnitte erstarrten Leimes, geronnenen Eiweisses, und Speckhaut von Pferdeblut wiederholt unter dem Mikroskop betrachtet, während ein lebhaftes Ueberführen durch sie hindurch stattfand, jedoch nichts von Bewegung darin unterscheiden können, als gelegentlich, z. B. an rothen und weissen Blutzellen in Lücken der Speckhaut, das Jürgensen'sche Phänomen.

Meine Ueberzeugung ist demnach, dass auch im erregbaren Muskel, wenn er der Sitz der kataphorischen Wirkung wird, nichts stattfinde als ein unsichtbarer Ortswechsel von Wassertheilchen in der Richtung des Stromes; unsichtbar weil nirgends die zum Unterscheiden einer sich verschiebenden Grenze nöthige optische Discontinuität eintritt. Das scheinbare Strömen halte ich für den Ausdruck örtlicher Zusammenziehungen einzelner Bündel oder Bündelgruppen, welche

von der Anode zur Kathode laufen. Man könnte sich denken, dass diese Zusammenziehungen an der Anode örtlich erregt werden, und sich nur scheinbar nach der Kathode hin ausbreiten, weil nach der anderen Richtung kein Muskel vorhanden sei. Diese Vermuthung trifft nicht zu. Bringt man die Kathode an dem einen Ende des Muskels, die Anode in der Mitte desselben an, so sieht man wohl in der an die Anode grenzenden extrapolaren Muskelhälfte ein heftiges Wogen der Muskelbündel, aber kein scheinbares Strömen wie in der intrapolaren Hälfte.

Was die Bewegungen im Augenblick des Schliessens, Oeffnens und Umlegens der Kette betrifft, so ist vor Allem zu erinnern, dass es sich dabei nicht um die contractile Substanz allein handelt, sondern um den ganzen Muskel. Sarkolemma, Perimysium, Alles nimmt an der Bewegung Theil. Wenn man an zwei Punkten der intrapolaren Strecke in der Nähe der Elektroden von unten her Fäden durch den Muskel zieht, die mit einem Knoten versehen sind, um das völlige Durchgleiten zu verhindern, jeden Faden über die benachbarte Elektrode zurückschlägt, und ihn an einem meiner Zuckungstelegraphen [1]) befestigt, so hebt sich beim Umlegen der Wippe stets die Fahne, woran der in der Nähe der neuen Anode befestigte Faden zieht. Steckt man durch den Muskel in gleichen Abständen eine Anzahl Borsten, oder bestreut man ihn mit einem farbigen Pulver, Russ oder Drachenblut, so sieht man deutlich, wie sich beim Schliessen der Muskel scheinbar nach der Kathode hinschiebt, beim Oeffnen zurückprallt u. s. f.

Der erste Eindruck, den ich von dieser Erscheinung erhielt, war der, dass der Muskel an der Kathode in örtlichen Tetanus gerathe. Da er zwischen seinen beiden Endpunkten ausgespannt ist, so muss, wenn eine Strecke desselben sich verkürzt, der ruhende Theil ausgedehnt werden, und scheinbar sich nach dem Ort der Zusammenziehung hin verschieben, in Wirklichkeit aber dorthin gezogen werden. Ich glaubte um so mehr, dass dies die richtige Deutung sei, als bereits Beobachtungen anderer Forscher vorliegen, wonach bei der unmittelbaren elektrischen Erregung des Muskels die Kathode eine bevor-

[1]) Dieselben sollen nächstens beschrieben und abgebildet werden.

zugte Rolle spielen würde [1]). Allein jedenfalls sind die Dinge verwickelter. Verhielten sie sich nämlich einfach wie eben gesagt wurde, so müsste bei der Anordnung, wo die eine Elektrode die Länge des Muskels hälftet, wenn diese, statt wie vorher zur Anode, nunmehr zur Kathode gemacht wird, beim Schliessen das Verschieben nach der Kathode hin, beim Oeffnen das Zurückweichen von derselben in der extrapolaren wie in der intrapolaren Strecke stattfinden. Zu Anfang einiger Versuche schien mir dies auch wirklich der Fall zu sein, die Bewegung zu beiden Seiten der Kathode war beim Schliessen ziemlich symmetrisch auf die Kathode zu, beim Oeffnen davon fort gerichtet. Sehr bald aber konnte ich mir nicht abläugnen, dass beim Schliessen die Muskelmasse in der Richtung von der Anode zur Kathode über letztere fort wogte, und dass beim Oeffnen, als Rückschlag auf diese Bewegung, die extrapolare Muskelmasse nach der Kathode hinfuhr.

Eine vollständige Zergliederung dieser schwierigen Phänomene liegt hier nicht in meinem Plan. Ich will mir nur die Frage stellen, ob zwischen Bewegungen, wie sie eben beschrieben wurden, und der Elektrodiffusion, ein Zusammenhang für jetzt denkbar sei. Diese Frage muss ich verneinen. Die Elektrodiffusion ist nicht an den Zustand des Lebens gebunden; sie hat mit Schliessung und Oeffnung nichts zu schaffen, sondern hält mit gleicher Stärke während des Säulenschlusses an. Die kataphorische Kraft haben wir bisher nur in Capillar-Aggregaten thätig gesehen, Elektrolyte vor sich hertreibend, denen eine benetzte Wand als Stützpunkt dient. Nichts berechtigt uns noch zu der Annahme, die eine völlige Umgestaltung unserer Vorstellungen über den elektrischen Strom bedingen würde, dass derselbe hier die Masse des Muskels, gleich einem Balle, von der Anode zur Kathode werfe. Dazu kommt jetzt abermals die Jürgensen'sche Thatsache, welche auch deren Bedeutung sei, wonach die Substanz des Muskels, wenn der Strom ihr wirklich einen Anstoss ertheilte, im Gegensatz zum Wasser in seinen Poren, vielmehr zur Anode streben würde.

---

[1]) Vergl. Kühne in Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv u. s. w. 1859. S. 632; — Myologische Untersuchungen. Leipzig 1860. S. 128. — A. v. Bezold in den Monatsberichten der Berliner Akademie, 1860, S. 760 ff.

Berichtigung. S. 360 Z. 6 v. o. lies S. 357 statt S. 33.
„ 362 „ 15 „ u. „ „ 355. 356 „ „ 31. 32.
„ 363 „ 1 „ u. „ „ 357 „ „ 33.

XVII.

Ueber den Einfluss constanter galvanischer Ströme auf den zeitlichen Verlauf und die Leitung der Nervenerregung.

Von

A. von Bezold [1]).

Die Thatsachen, welche ich vor einiger Zeit (November 1860) der Akademie mittheilte, waren nebst den eigenthümlichen Veränderungen, welche die Erregbarkeit des Nerven durch den Einfluss constanter Ströme nach Pflüger erleidet, die Veranlassung für mich, in einer ausgedehnteren Versuchsreihe zu prüfen, ob und in welcher Weise die Geschwindigkeit, mit welcher Muskel und Nerv aus dem Zustande der Ruhe in den Zustand der Thätigkeit übergehen, und jene Geschwindigkeit, mit welcher der Nerv die Erregung von Querschnitt zu Querschnitt fortpflanzt, — ob und in welcher Weise diese Geschwindigkeiten durch die Einwirkung eines constanten galvanischen Stromes auf Nerv oder Muskel verändert werden.

Ich habe zu diesem Behufe eine grosse Anzahl von möglichst genauen Zeitmessungen an einem von du Bois-Reymond modificirten Myographion angestellt. Ich bestimmte den zeitlichen Verlauf von Muskelzuckungen, welche erhalten wurden durch directe Muskelerregung, während in einem Falle der Muskel von einem galvanischen Strome durchströmt wurde, im anderen Falle nicht, und verglich die Ergebnisse dieser beiden Versuche. Ich bestimmte ferner den zeitlichen

---

[1]) Mitgetheilt vom Herrn Verfasser aus den Monatsberichten der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 21. Februar 1861.

Verlauf von Muskelzuckungen, welche durch directe Erregung des Muskels hervorgebracht wurden, während im ersten Falle der Nerv dieses Muskels unter der Einwirkung eines constanten galvanischen Stromes stand, in dem zweiten Falle alle übrigen Bedingungen gleich waren, und der Nerv im normalen Zustande sich befand.

Ich untersuchte ferner den zeitlichen Verlauf von partiellen Muskelzuckungen, welche durch partielle directe Erregung des Muskels erzeugt waren, während andere Stellen desselben Muskels entweder unter dem Einflusse eines constanten galvanischen Stromes sich befanden oder nicht, und verglich die in beiden Fällen erhaltenen Resultate.

Ich prüfte endlich mit der grössten bei diesen Versuchen erreichbaren Genauigkeit und Sorgfalt direct die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung in möglichst vielen Nervenstrecken eines normalen Nerven, und verglich hiermit die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in denselben Nervenstrecken desselben Nerven, nachdem dieser Nerv ganz oder theilweise durch die Schliessung eines in ihm strömenden möglichst constant erhaltenen elektrischen Stromes polarisirt worden war.

Bei allen diesen Versuchen dienten *Oeffnungsinductionsschläge* als Erregungsmittel. Indem ich die directe Aufzählung der auf diese Weise am Myographion erhaltenen Erfolge übergehe, erlaube ich mir die Hauptresultate dieser Arbeit hier in einigen Sätzen niederzulegen.

1. Der zeitliche Verlauf der directen Erregung des Muskels wird dadurch, dass ein constanter elektrischer Strom entweder durch die ganze Länge des Muskels, oder in einer der erregten Muskelstrecke benachbarten Strecke des Muskels fliesst, nicht verändert; ebensowenig tritt eine Veränderung in diesem zeitlichen Verlaufe dadurch ein, dass der Nerv des erregten Muskels in den polarisirten Zustand versetzt wird.
2. Es wird *höchst wahrscheinlich* der zeitliche Verlauf der Nervenerregung, soweit die unmittelbar gereizte Nervenstrecke in Betracht kömmt, durch die Einwirkung eines constanten Stromes auf den Nerven, *nicht* geändert.

Bei 1. und 2. wird die Erregung durch Oeffnungsinductionsschläge vorausgesetzt.

Die Fortflanzung der Erregung im Nerven erleidet durch den Einfluss eines im Nerven fliessenden galvanischen Stromes sehr bemerkenswerthe Veränderungen. Die Geschwindigkeit der Erregungsleitung ist nämlich im elektrotonischen Nerven *herabgesetzt,* und zwar nach folgenden Gesetzen.

A. Untersucht man die Verzögerung, welche die Leitung der Erregung erfährt, in den *extrapolaren* Strecken, so findet man, dass von den beiden Polen des polarisirenden Stromes aus sich nach beiden Seiten des extrapolaren Nerven sofort nach Schliessung des Stromes ein Zustand herabgesetzter Fortpflanzungsgeschwindigkeit ausbreitet. Diese Herabsetzung der Leitungsschnelligkeit wächst mit der Dauer und mit der Dichtigkeit des Stromes continuirlich, und nimmt mit der Entfernung von beiden Polen nach aussen continuirlich ab, so dass die unmittelbar in der Gegend der Pole gelegenen Nervenstrecken die grösste Verzögerung der Leitung zeigen, und von hier aus anfangs sehr rasch, dann langsamer die Zuwachse, welche die normale Fortpflanzungszeit in den einzelnen kleinsten Nervenstrecken erfährt, abnehmen. Es zeigt sich hierbei insbesondere bei der Anwendung schwacher Ströme sehr deutlich ein Ueberwiegen des die Fortpflanzung verzögernden Einflusses in der Nachbarschaft des positiven Poles gegenüber dem negativen Pole, so zwar, dass die absolute Grösse der Verzögerung den die Leitung in einer von einem der Pole um eine bestimmte Länge entfernten Nervenstrecke erleidet, unter übrigens gleichen Umständen grösser ausfällt, wenn dieser Pol der positive ist; und dass bei gleicher Stromstärke und gleicher Zeit der Einwirkung des Stromes die Verzögerung der Erregungsleitung an einer von dem positiven Pole weit entfernten Nervenstrecke früher nachweisbar auftritt, als von einer gleich weit vom negativen Pole entfernten Nervenstrecke. Je grösser die Dichtigkeit des polarisirenden Stromes wird, desto mehr schwinden diese Unterschiede.

B. Von den beiden Polen aus nimmt mit fortschreitender Entfernung von diesen Polen in der *intrapolaren* Strecke die

Grösse der durch einen bestimmten Strom erzeugten Verlangsamung der Erregungsleitung continuirlich ab, und es ist (obschon ich dies nicht mit Bestimmtheit sagen kann), als ob der durch Verlangsamung der Erregungsleitung charakterisirte Zustand in der Gegend des positiven Poles durch eine sehr kleine Strecke unveränderten Nervs übergehe in jenen gleichfalls durch Verlangsamung der Erregungsfortpflanzung sich kund gebenden Zustand in der Gegend und Nachbarschaft des negativen Poles.

Wegen der Schwierigkeit der Untersuchung war mir nur möglich ein entschiedenes Sinken der Curve der Verzögerungen zwischen beiden Polen zu constatiren.

4. Bei fort und fort zunehmender Dichtigkeit des polarisirenden Stromes wird die Verzögerung der Erregungsleitung allmälig zur *Hemmung* der *Fortpflanzung*, welche zuerst am positiven Pole auftritt, und erst später an dem Punkte des negativen Poles.
5. Innerhalb gewisser Grenzen erleiden schwache Erregungen während ihrer Leitung durch den Nerven, der sich im Zustand des Elektrotonus befindet, grössere Verzögerungen, als stärkere Erregungen. Hat die Erregung das Maximum der Muskelzuckung zur Folge, dann ist auch das Minimum der auf dem Wege durch den elektrotonisirten Nerven erlittenen Verzögerung erreicht. Für schwache Reize wird die Verzögerung demgemäss leichter zur absoluten Hemmung, als für stärkere Erregungen.
6. Kalte Nerven (4°—5° C.) erleiden durch Einwirkung gleicher Ströme grössere absolute Leitungsverzögerungen der Reizung, als wärmere (12°—15° C.). Bei den kalten Nerven geht jedoch die Verzögerung der Erregungsleitung schwieriger und später in die absolute Hemmung der Fortpflanzung der Erregung über als bei wärmeren.

XVIII.

Fortgesetzte Untersuchungen über die Einwirkung galvanischer Ströme auf Nerven und Muskeln.

Von

A. von Bezold [1]).

§. 1. Von der Nachwirkung constanter galvanischer Ströme auf die Geschwindigkeit der Reizungsfortpflanzung im Nerven.

Prüft man mittelst der graphischen Methode die Geschwindigkeit der Erregungsleitung in solchen Nerven, die entweder unmittelbar oder längere Zeit vorher der Einwirkung eines constanten galvanischen Stromes ausgesetzt waren, so zeigt sich, dass die Verzögerung oder völlige Aufhebung der Erregungsleitung, welche der im Zustande des Elektrotonus befindliche Nerv, wie schon früher mitgetheilt, wahrnehmen liess, noch kurze Zeit anhält, nachdem der einwirkende Strom die Bahn des Nerven verlassen hat.

Die Verzögerung der Erregungsleitung in solchen Nervenstrecken, welche sich im Zustand des Anelektrotonus oder Katelektrotonus befanden, nimmt nach dem Verschwinden des Stromes nicht nachweisbar zu, — ein solcher Nachweis ist mir bis jetzt wenigstens nicht geglückt — sondern diese Verzögerung nimmt, wie sich genau darthun lässt, allmälig und zwar stetig ab, um nach kürzerer oder längerer Zeit ganz zu verschwinden. Ebenso macht die Aufhebung der Fähigkeit die Erregung zu leiten, welche man in solchen Nervenstrecken

[1]) Mitgetheilt vom Herrn Verfasser aus den Monatsberichten der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 15. März 1861.

beobachtet, die von stärkeren galvanischen Strömen durchflossen sind, nach der Oeffnung dieser Ströme allmälig einem Zustande Platz, in welchem die Erregung sehr langsam geleitet wird, und dieser Zustand geht ebenfalls langsam in einen dem normalen Zustande ähnlichen über. Die Rückkehr zu diesem normalen Zustande erfordert unter allen Umständen eine messbare Zeit (von Bruchtheilen einer Secunde bis zu einer Stunde). Diese Zeit wächst mit der Grösse der durch die Einwirkung des Stromes herbeigeführten Veränderung, sie kann sogar unendlich werden.

§. 2. Von dem Einflusse constanter galvanischer Ströme auf die Geschwindigkeit der Erregungsleitung im Muskel.

Zerlegt man den *M. sartorius* von Fröschen, die mit Curare vergiftet sind, in mehrere Abtheilungen, von denen die eine der anderen zwar die Erregung mitzutheilen, von denen aber keine die Lage der anderen durch die eigene Contraction zu verändern mag, so gelingt man dadurch, dass man an einem Ende des Muskels *A* die Erregung einwirken und durch das entgegengesetzte Ende *B* die Zuckung auf dem rotirenden Schreibcylinder des Myographions aufzeichnen lässt, die Zeit bestimmen, welche nöthig ist, damit die Erregung sich von einem bestimmten Punkte des Muskels zu einem anderen ebenfalls bestimmten Punkte fortpflanze. Untersucht man nun diese Zeit, in solchen Fällen, wo zwischen der Erregungsstelle und der Zuckungstheilung des Muskels eine Strecke von Muskelsubstanz sich befindet, welche von einem constanten Strome durchflossen wird, so ergiebt sich, dass durch die Schliessung dieses Stromes das zwischen Erregung von *A* und Zuckung von *B* verstreichende Zeitintervall vergrössert wird. Diese Vergrösserung wächst mit der Stromdichte und wird bei einer gewissen Stromdichte unendlich. Nach der Oeffnung des Stromes nimmt der Zuwachs, den dieses Zeitintervall erlitten hat, wieder allmälig und stetig ab, und zwar um so schneller, je grösser die Dichtigkeit und die Dauer der Schliessung des Stromes gewesen waren. Es zeigen sich hier dieselben Abhängigkeiten, welche wir vorher beim Nerven kennen gelernt haben. Befindet sich die

Muskelstelle (*A*) entweder zwischen der polarisirten Strecke und der Contractionsstelle (*B*) oder an der polarisirten Strecke selbst, so erfährt das Zeitintervall zwischen Erregung von *A* und Zuckung von *B* durch das Einbrechen des constanten Stromes keine Veränderung.

Hieraus folgt

1) Die Erregungsleitung durch die Muskelsubstanz wird durch die Einwirkung constanter galvanischer Ströme auf den Muskel verzögert, diese Verzögerung wächst mit der Stromdichte und Schliessungsdauer und geht in den völligen Verlust der Fähigkeit, die Erregung zu leiten, über.
2) Diese Verzögerung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung tritt nur in den vom Strome unmittelbar durchflossenen Muskelstrecken auf und pflanzt sich weder vom positiven noch vom negativen Pole auf eine irgend bemerkliche Weise nach Aussen fort.
3) Diese Verzögerung oder Aufhebung der Erregungsleitung im Muskel klingt ebenso, wie die entsprechende Veränderung im Nerven, nach Oeffnung des Stromes allmälig ab, und zwar um so langsamer, je ausgeprägter die durch den Strom erzeugte Veränderung gewesen war.

§. 3. Von dem Einflusse constanter galvanischer Ströme auf die Erregbarkeit der Muskeln.

Prüft man, nach der Pflüger'schen Methode, indem man den Schliessungsinductionsschlag der secundären Spirale als Erregungsmittel anwendet, die Erregbarkeit entweder ganzer (Curare)-Muskeln, oder solcher (ebenfalls Curare)-Muskelstücke, die wahrscheinlich nervenfrei sind (die Enden des *M. sartorius*), und vergleicht diese Erregbarkeit in zwei Fällen, von denen der eine dadurch ausgezeichnet ist, dass ein constanter Strom vorher durch das zu erregende Muskelstück geschlossen wurde; so findet sich, dass schwache im Muskel fliessende galvanische Ströme, insbesondere wenn ihre Strömungsrichtung mit der des erregenden Schliessungsinductionsstromes übereinstimmt, die Gesammterregbarkeit des von ihnen durchflossenen Muskelstückes *erhöhen*. Diese Erhöhung der Erregbarkeit erreicht bei Wachsen der

Stromdichte sehr bald ein Maximum und geht dann in eine mit dem Wachsen der Stromdichte continuirlich zunehmende Abnahme der Erregbarkeit über.

Diese Erregbarkeitsänderung der intrapolaren Muskelstrecke pflanzt sich weder vom positiven noch negativen Pole aus nach Aussen merkbar fort, man findet bei der genauesten Untersuchung in der Nachbarschaft solcher vom Strom durchflossenen Muskelstrecke keine Erregbarkeitsveränderung (im Falle eins der beiden Enden von *Sartorius* unmittelbar durchströmt waren) vorausgesetzt, dass keine Stromschleifen in den unmittelbar erregten Muskeltheil übergingen.

Aus den Versuchen §. 2. und §. 3. geht demnach hervor, dass im Gegensatz zur Nervensubstanz, die Muskelsubstanz, welche doch die Fähigkeit der Erregungsleitung besitzt, nicht im Geringsten fähig ist, die Veränderungen, welche, abgesehen von der Erregung, in einer vom elektrischen Strome durchflossenen Muskelstrecke vor sich gehen (Elektrotonus, Verzögerung der Fortpflanzungs-Geschwindigkeit, Veränderung der Erregbarkeit), auf irgendwie beträchtliche Strecken fortzupflanzen. Es ist also, wenigsten beim Muskel, die Leitung der Erregung vollständig ausser Zusammenhang mit der Leitung irgend eines an den Elektrotonus erinnernden Zustandes.

XIX.

Ueber einen neu entdeckten Weg der pupillenerweiternden Nervenröhren.

Von

Dr. **Coloman Balogh,**

Assistenten an dem physiologischen Institute der Pesther Universität *).

Im vorigen Sommer experimentirte ich an Thieren mit Nicotin [1]), und fand, dass der durch dieses Gift hervorgerufene Tod unter ähnlichen Symptomen verläuft, wie derjenige, welcher in Folge von Asphyxie entsteht; weswegen ich mit den erwähnten Vergiftungen parallel Erstickungsversuche anstellte. In jedem Falle der beiden genannten Versuchsreihen machte ich die constante Beobachtung, dass in dem Momente des Todes die Pupillen sich in einem so grossen Maassstabe erweiterten, dass die Regenbogenhaut nur als ein äusserst schmaler Streifen erschien. Die Pupillen-Erweiterung blieb auch dann nicht aus, wenn das *Ganglion cervicale supremum nervi sympathici*

---

*) Diese Abhandlung wurde in der Sitzung der kön. Ungar. Naturforschergesellschaft am 13. November 1861 vorgelesen, und dieselbe erschien ungarisch in der Zeitschrift „Közlöny", Jahrgang 1861, der eben genannten Gesellschaft.

[1]) Die Resultate dieser Versuche erschienen in dem Jahrgange 1861 in den Spalten des „Orvosihetilap" (ungarische „Medicinische Wochenschrift").

magni ausgerottet wurde, und zur Erklärung dieser Erscheinung, da die Vergrösserung der Pupille ausblieb, wenn das *Ganglion Gasseri* vollkommen durchgeschnitten wurde, begnügte ich mich damals mit der Annahme: dass die Nervenröhren, welche von dem *Sympathicus magnus* in das Gasser'sche Ganglion gehen, sich hier in Nervenzellen inseriren, von denen hernach die Nervenröhren für die Radialmuskelfasern der Iris ihren Ursprung nehmen; weswegen der bis jetzt herrschenden Ansicht entgegengesetzt die Pupillen-Erweiterung auch dann stattfinden kann, wenn das *Ganglion cervicale supremum nervi sympathici* ausgerottet, das Gasser'sche Ganglion aber intact ist. Später aber glaubte ich die dargelegte Ansicht bezweifeln zu müssen, da ich auf den Gedanken kam, ob nicht der *Nervus trigeminus* solche Nervenröhren führt, die in der *Medulla oblongata* entsprungen, durch das *Ganglion Gasseri* gehen, um zur Iris zu gelangen, und hier die Radialmuskelfasern zu innerviren.

Ich durchforschte die hieher gehörige Litteratur, und fand, dass meine Auffassung ganz neu sei, wie ganz neu ist das von mir beschriebene Phänomen, dessen Beschreibung ich nirgends auffinden konnte.

Es ist ein in alle Lehrbücher übergegangener und allgemein bekannter Lehrsatz, dass die Radialmuskelfasern der Iris durch Nerven versehen werden, welche von dem Rückenmark, und zwar in der Sphäre zwischen den Wurzeln der 6. Hals- und 3. Rückennerven entspringen, und dasselbe mit den vorderen Wurzeln der zweiten und dritten Rückennerven verlassen um hernach oberhalb des unteren Halsganglions des grossen sympathischen Nervens in die Bündel des letzteren zu treten; hienach dürfte die Pupillen-Erweiterung nach Durchschneidung des Halsstammes *Nervi sympathici magni* desto weniger stattfinden, je näher dieselbe zu dem obersten Halsganglion geschieht. Zu dem leztgenannten Gebilde gehen noch an der Stelle, wo der *Nervus caroticus internus* entspringt, Nervenröhren, welche insgesammt als ein sehr dünnes Zweigchen den *Nervus hypoglossus* verlassen, und ebenfalls für die pupillenerweiternden Muskelfasern bestimmt sind[1].

[1]) Budge, „Ueber die Bewegung der Iris.“ Braunschweig. 1855. 127. I.

Wenn also das *Ganglion cervicale supremum nervi sympathici* ausgerottet ist, und wenn die bisherigen Entdeckungen allein gelten möchten, konnten die Pupillen nicht mehr erweitert werden.

Bezüglich dessen, ob der *Nervus trigeminus* auf die Muskelfasern der Iris als Bewegungsnerv wirkt, ist bis jetzt nur soviel bekannt, dass in Folge seiner Durchschneidung die Pupille enger wird, aber bald darauf ihre frühere Grösse beinahe ganz zurück erlangt. Dabei scheint es fest zu stehen, dass nach der Trigeminusdurchschneidung die Regenbogenhaut ihre Beweglichkeit nicht vollkommen einbüsst, indem sie, wenn die anfängliche überaus grosse Pupillenenge vorüber ist, ihre Empfindlichkeit gegen das Licht in grossem Theile beibehält.

Budge kam bei seinen Versuchen, die er mit dem fünften Gehirnnervenpaare anstellte, um dessen Einfluss auf die Bewegungen der Iris zu sehen (a. a. O. S. 93 u. s. w.), bei weitem nicht zu dem Resultate, dass dasselbe Röhren führte, welche bestimmt wären, die Radialmuskelfasern der Regenbogenhaut zu innerviren, ja dem entgegengesetzt ist er geneigt anzunehmen, dass der Sphincter Pupillae auch durch den *Nervus trigeminus* Bewegungsfasern bekommt. Wenn er aber den eben erwähnten Nerven in der Schädelhöhle mittelst Induktionsströmen irritirte, hat er in der Pupillengrösse nicht die mindeste Veränderung wahrgenommen. So war es bei Kaninchen, Hunden, Pferden, und bei einem guillotinirten Menschen (a. a. O. S. 100), obwohl bei diesen der electrische Reiz noch Kaubewegungen hervorbrachte, und in Folge einer Reizung des oculomotorischen Nerven die Pupillen sich noch verengerten.

Bei einer weiteren Reihe von Versuchen sah Budge (a. a. O. S. 127—128), wenn der sympathische Nerv am Halse unterhalb des *Ganglion supremum*, ferner der Verbindungszweig zwischen jenem Ganglion und dem *Nervus hypoglossus* durchgeschnitten wurde, an der verletzten Seite nach mehreren Tagen auf Reizung des *Ganglion Gasseri*, des Trigeminusnerven vor diesem Ganglion, sowie des Augapfels keine Erweiterung der Pupille erfolgen, welche nicht ausblieb, wenn der *Sympathicus magnus* am Halse und seine Verbindungszweige intact waren, und die obengenannten Organe durch Induktionsströme gereizt wurden.

Aus dem Gesagten kann man nur den Schluss ziehen, dass wenn auch die Nerven, welche die pupillenerweiternde Irismuskulatur versorgen, durch das *Ganglion Gasseri* und den Trigeminusnerven gehen, diese Gebilde keine solche für die Pupillenerweiterer bestimmten Röhren führen, welche anderswoher als von dem Rückenmarke oder von dem *Nervus hypoglossus* herstammten.

Zu meinen Versuchen wendete ich nur Kaninchen an, die, in der gewöhnlichen Weise auf ihren Rücken gelagert, befestigt waren. Bei der ersten Versuchsreihe wurde die Luftröhre in ihrem oberen Theile rein herauspräparirt, und mittelst einer Schnur, welche in einen Zwischenknorpelraum angelegt war, luftdicht zusammengeengt. Nach dieser Operation löste ich die Schlingen, durch welche der Kopf des Thieres fixirt war, damit derselbe nach Nothwendigkeit in der Hand gelagert die Erscheinungen in der Veränderung der Pupillengrösse deutlich gesehen werden können.

Nach der Zusammenschnürung der Trachea war das Thier einige Augenblicke ruhig, und die Pupillen verengten sich in einem solchen Grade, dass ihr Durchmesser kaum einen Millimeter ausmachte. Bald darauf wurde das Thier von Convulsionen befallen, der Brustkorb erweiterte sich bedeutend, die Lippen, die Nasenspitze und die Bindehaut waren cyanotisch, die Augen wurden vorgedrängt, und die Pupillen blieben fortwährend verengt. Das hat beinahe durch eine ganze Minute so gedauert. Nach dieser Zeit liess aber die Heftigkeit der Convulsionen bedeutend nach, die Ausdehnung des Brustkastens verringerte sich, die Augen waren weniger hervorgetrieben, und die Pupillen fingen an sich auf einmal zu erweitern. Die in dem Todesmoment begonnene Pupillenerweiterung nahm fortwährend zu, bis sie endlich einen so hohen Grad erreichte, dass die sie umgebende Iris als ein Millimeter breiter Streifen sich zeigte. Nachdem die Pupillen ihre grösste Weite erreichten, konnte man an den Extremitäten noch ein oder zwei leise Zuckungen bemerken, worauf das Thier starb. Gleich mit dem Erfolge des Todes verkleinerten sich die enorm er-

weiterten Pupillen, und nach mehrmaligen Schwankungen, etwa nach einer Viertelstunde, blieben sie bei einer constanten Grösse mit 4—$4_{,5}$ Millimeter Durchmesser.

Wenn während des geschilderten Erwürgens des Thieres in das Herz in der bekannten Weise eine Carlsbarder Insektennadel gesteckt wurde, war zu sehen, wie die Häufigkeit der Herzbewegungen desto mehr abnahm, je mehr das Ende des Lebens nahte, und bei dem Beginne der Pupillenerweiterung haben die Bewegungen des Herzens ganz aufgehört. Wenn in diesem Augenblick die Trachea von der sie zusammenengenden Schnur befreit wurde, konnte das Thier noch zu sich kommen. Das stillgestandene Herz zog sich wieder zusammen, und die Pupillen verengerten sich auf ihre normale Grösse. Wenn aber die Loslösung der Trachea dann geschah, wenn die in Folge des Erwürgens erweiterten Pupillen sich bereits verkleinerten, dann kam das Thier nie mehr zum Leben. Weswegen ich bei der Beurtheilung der Lebensfähigkeit der in Folge einer Erstickung agonisirenden für wichtig erachte, ob das Stillstehen der Herzbewegungen durch Pupillen-Erweiterung oder Verengerung begleitet ist, weil in dem ersten Fall eine Hoffnung zur Belebung noch vorhanden ist, in dem letzteren aber dieselbe gänzlich wegfällt.

Kussmaul[1]) sah, wenn er die Carotiden oder die Anonyma zusammendrückte, und so zu dem Gehirn arterielles Blut nur in geringerer Quantität gelangen konnte, auf die anfängliche, plötzliche Pupillenverengerung bald eine Erweiterung folgen; und wenn die Jugularvenen zusammengedrückt wurden, verkleinerten sich die Pupillen ebenfalls, sie erweiterten sich aber nicht eher, bis man die Jugularvenen nicht frei liess, und so das in dem Gehirn angestaute Blut nicht abfliessen konnte. Nach diesen Versuchen liegt nahe zu denken, dass die Pupillenerweiterung aus Mangel eines Zuströmens von arteriellem Blute besteht; dieser Ansicht kann ich aber keineswegs beipflich-

[1]) Untersuchungen über den Einfluss, welchen die Blutströmung auf die Bewegungen der Iris etc. ausübt; Inaugural-Dissertion. 1855. Funke, „Lehrbuch d. Physiologie." 3. Ausg. 2. B. S. 250.

ten; denn in dem Falle, wo die Carotiden zusammengedrückt waren, wäre wohl möglich wegen der Pupillen-Erweiterung den Mangel am arteriellen Blute zu beschuldigen, obschon auch hier auffällt, dass am Anfange, wo auch kein arterielles Blut zum Gehirn strömte, die Pupillen sich verengerten. Und in dem Falle, wo die Jugularvenen zusammengeengt waren, erweiterten sich die Pupillen, wenn nach Loslassung dieser Venen das arterielle Blut freier zu dem Gehirn strömen konnte. Die freiere Zufuhr des arteriellen Blutes als pupillenerweiternde Ursache anzunehmen ist ebenfalls unzulässig, da bei dem Zusammendrücken der Carotiden, wo der Zufluss des arteriellen Blutes gehindert war, zuletzt die Pupillen sich erweiterten. Man könnte vielleicht glauben, dass dabei Druckveränderungen im Spiele sind, und das hat viel Wahrscheinliches für sich, denn in den beiden citirten Fällen erweiterten sich die Pupillen, wenn der Blutdruck in dem Gehirn sich verringerte. Dieser Annahme widersprechen aber meine Experimente. In den meisten Fällen, — und Ackermann[1]) in allen, — hatte ich zwar das Gehirn anämisch gefunden, wenn das Thier asphyktisch starb, die Pupillen-Erweiterung ist aber auch in jenen selteneren Fällen nicht ausgeblieben, wenn das Gehirn blutreich und fortwährend unter einem erhöhten Drucke stand. So besonders erweiterten sich die Pupillen, wenn ich die Schnur um den Hals legte, und so die Trachea, wie die Halsgefässe zusammenengte; in diesen Fällen war aber das Gehirn blutreich, und so unter einem erhöhtem Drucke. Es wäre ferner zu glauben, dass die Vergrösserung der Pupillen, durch Reizung der in jenen Fällen in grösserer Menge vorhandenen Kohlensäure sei; dies dürfte aber kaum so sein, denn wenn das Gehirn anämisch ist, kann man von einer Kohlensäureanhäufung daselbst, und von einem durch diese ausgeübten Reiz kaum reden. Mir ist viel wahrscheinlicher, dass die Ursache für die Pupillen-Erweiterung im Momente des Todes durch Erstickung, wie überhaupt für die Veränderungen in der Pupillengrösse während des Verlaufes der Erstickung, in einer Störung der Ernährung der betreffenden Centralgebilde zu suchen ist, welche in Folge

---

[1]) Untersuchungen über den Einfluss der Erstickung auf die Menge des Blutes im Gehirn und in den Lungen. Virchow's Archiv. 15. B.

vom Oxygenmangel eintritt. Ich glaube nämlich, dass der Oxygenmangel in den Nervencentra anfangs zur krankhaft erhöhten Thätigkeit führt. Von da wären die Convulsionen und die anfängliche Pupillenenge zu erklären, und wenn die zur Entstehung dieser Phänomene beitragenden Centralgebilde erschöpft sind, bekommen die Pupillen-Erweiterer die Vorderhand, deren Centrum der wirkenden Ursache länger widersteht, und wenn der Tod eingetreten ist, kommen in der Iris nur die elastischen Eigenschaften zur Wirkung, und wegen der grösseren Mächtigkeit des *Sphincter iridis* verengern sich die Pupillen. Möge aber die Pupillenerweiterung in dem Momente des Erstickungstodes welch' immer eine Ursache haben, so viel steht fest, dass dieselbe constant erscheint, wenn das Thier in Folge von Asphyxie stirbt. Das habe ich in mehr als vierzig Fällen, in denen Thiere verschiedener Weise erstickt wurden, beobachtet, und dasselbe ist bei einem Tode durch Asphyxie nicht ein einzigesmal ausgeblieben, wenn die Nervenröhren der Pupillen-Erweiterer unbeschädigt waren. Sonach war ich berechtigt, den Erstickungstod, wegen seinem constanten Symptom der Pupillenerweiterung in dem Todesmoment, im Falle das Auge, die Nerven der Radialmuskulatur der Iris und deren Centrum in keinem pathologischen Zustande sich befanden, bei meinen Versuchen anzuwenden, wenn es darauf ankam, zu beurtheilen, ob die Nervenröhren, welche zu den die Pupillen erweiternden Irismuskeln gehen, in ihrem Verlaufe durchgeschnitten sind, oder nicht.

Bei der zweiten Versuchsreihe wurde das erstemal das *Ganglion cervicale supremum nervi sympathici magni* an der einen, oder an der anderen Seite ausgerottet, und nachträglich überzeugte ich mich durch Autopsie, dass alle jene Zweige des sympathischen Nervenstammes in ihrer Continuität getrennt sind, von denen bekannt ist, dass sie Röhren führen, welche für die Pupillen-Erweiterer bestimmt sind.

Nach der Ausrottung des *Ganglion cervicale supremum* erwürgte ich das Thier durch Zusammenschnürung der Luftröhre in der Weise, wie ich das in der ersten Versuchsreihe bereits beschrieben habe. Die Pupillen erweiterten sich an beiden Seiten, an jener Seite aber,

an welcher die Ausrottung des erwähnten Ganglions geschah, war die Erweiterung von einem viel geringeren Grade, als wo dasselbe unversehrt blieb.

Als Beispiel möge hier der achte meiner Versuche stehen: Das *Ganglion supremum* wurde von der rechten Körperhälfte entfernt, und nach geschehener Ausrottung blieb die Grösse der Pupille der betreffenden Seite unverändert. Die Lichtveränderungen brachten in der Regenbogenhaut Bewegungen hervor, die mögliche Pupillenerweiterung war aber bei der gleichzeitigen Verdunkelung beider Augen rechterseits viel geringer, als an der linken Seite. Bei gewöhnlichem, zerstreutem Tageslicht waren die beiden Pupillen gleich gross, indem jeder von ihnen einen Durchmesser von 3,5 Millim. hatte. Nach der Zusammenschnürung der Luftröhre verengerten sich die beiden Pupillen gleichmässig und gleichartig, so dass ihre Grösse kaum die eines kleinen Nadelkopfes ausmachte; so war das während der Dauer einer Minute, wenn die Pupillen anfingen, sich zu erweitern; an der rechten Körperhälfte ging aber die Pupillenerweiterung langsamer vor sich als an der linken. Nach dem Verlaufe von etwa zehn Secunden mass die rechtsseitige Pupille 5 Millim. im Diameter (eine Vergrösserung von 1 Millim.), während die linksseitige 9,5 Millim. im Durchmesser hatte (eine Vergrösserung von 6 Millim.). Als der Tod erfolgte, verengerten sich die Pupillen wieder, und etwa nach 5 Minuten waren die beiderseitigen Pupillen gleich eng, da jeder von ihnen einen zwei Millimeter langen Durchmesser besass.

Aus jener Versuchsreihe, zu welcher das umständlich beschriebene Beispiel gehört, geht also klar hervor, dass zu der Radialmuskulatur der Iris Nervenröhren gehen, deren Centrum weder in dem Rückenmark sich befindet, noch bei dem *Nervus hypoglossus* zu suchen ist. Dass die an der operirten Seite beobachtete Pupillenerweiterung in dem mitgetheilten Falle, welchem die anderen ganz ähnlich waren, wirklich in Folge der Zusammenziehung der pupillenerweiternden Muskeln durch Reizung von Seite der entsprechenden Nerven entstand, und nicht in einer elastischen Retraktilität derselben basirt war, welche in Folge einer Paralyse des *Sphincter iridis* erscheint, habe ich daraus geschlossen, dass auf die Erweiterung, welche

nach dem Tode erfolgte, die Pupillen in dem Grade sich verengerten, dass die Verengerung das normale Maass überschritt; welche Verkleinerung ganz gewiss nicht stattgefunden hätte, wenn der Kreismuskel der Regenbogenhaut paralytisch geworden wäre, oder wenn die Radialmuskulatur die Oberhand über ihn gehabt hätte.

Die Nervenröhren, welche von dem sympathischen Nerven zu den Augen gehen, gehen entweder unmittelbar zu dem *Ganglion ciliare,* oder zu der längeren Wurzel desselben, welche vom *Nervus nasociliaris* herstammt, und es gehen auch Nervenröhren des Sympathicus zum *Ganglion Gasseri.* Und da von dem *Nervus oculomotorius* zu der Iris nur pupillenverengernde Nerven gehen, so können dahin für die Radialmuskulatur nur von dem *Nervus sympathicus* oder von dem fünften Gehirnnerven Röhren kommen.

Indem aus der zweiten Versuchsreihe erhellte, dass diejenigen Sympathicusfasern, welche entweder zu dem *Ganglion ciliare,* oder zu dessen längerer Wurzel gehen, nicht als die alleinigen Träger der pupillenerweiternden Nervenröhren angesehen werden können, war die Frage offen, ob nicht in dem *Ganglion Gasseri* ein Centrum für die *Nervi dilatatores pupillae* sich befindet, oder ob nicht ein solches dem Ursprung des fünften Gehirnnervenpaares entsprechend in dem verlängerten Mark vorhanden ist.

Zur Erforschung der einen, oder der anderen Möglichkeit glaubte ich bei der dritten Versuchsreihe vor allem Anderen die Durchschneidung des *Ganglion Gasseri* bei uneröffnetem Schädel vollführen zu müssen. Während der Durchschneidung schrie das Thier fürchterlich, und die gelungene Trennung des Ganglion gab sich kund durch Aufhören des Schreiens, durch die vollkommene Empfindungslosigkeit der betreffenden Gesichtshälfte, und endlich durch die ausserordentliche Verkleinerung der Pupille und Unbeweglichkeit der Iris.

Nach geschehener Durchschneidung wurde das auf den Rücken gelagerte Thier befestigt, und dann schnürte ich die vorher herauspräparirte Luftröhre zusammen. Wenn in solchen Fällen das Gasser'sche Ganglion knapp an der Stelle, wo die Trigeminusäste dasselbe verlassen, vollständig, in der ganzen Breite durchgeschnitten wurde, dann war an dem operirten Körper in dem Momente des

Todes keine Erweiterung der Pupille wahrzunehmen, während dieselbe an der unversehrten Seite wie gewöhnlich erfolgte. Wenn aber die Durchschneidung des *Ganglion Gasseri* keine vollständige war, und besonders, wenn ein Theil davon in der Nähe der *Sella turcica* unversehrt blieb, dann bewegte sich noch die Regenbogenhaut, aber äusserst langsam, und im Momente des Todes erweiterte sich die Pupille an der operirten Seite, wenn auch nur in geringem Grade.

Da bei jenen Thieren der dritten Versuchsreihe, bei welchen das Gasser'sche Ganglion durchgetrennt wurde, der Halstheil des grossen sympathischen Nerven, so auch dessen oberstes Halsganglion unversehrt blieben, folgt, dass alle Nervenröhren, welche die Pupillen-Erweiterer versehen, durch das *Ganglion Gasseri* gehen, und vielleicht theilweise hier entspringen.

Bei meinen weiteren Versuchen liess ich die Thiere enthaupten, und sägte den Kopf der Länge nach in zwei möglichst symmetrische Hälften. Das Gehirn wurde aus der Schädelhöhle herausgenommen, und dann das Gasser'sche Ganglion oder der erste Trigeminusast mittelst Inductionsströmen eines Neef'schen Apparates gereizt. Nach einem solchen Vorgehen blieb die Dilatation der Pupille niemals aus, welche auch dann erfolgte, wenn der mit dem *Gaglion Gasseri* zusammenhängende peripherische Stumpf des Trigeminusstammes irritirt wurde. Nach diesem Resultate überzeugte ich mich noch mehr, dass das Gasser'sche Ganglion und der erste Trigeminusast Bahnen für die *Nervi dilatatores pupillae* sind, und das erstere vielleicht auch eine Ursprungsstelle für diese. Und die Pupillenerweiterung, welche erfolgt, wenn der peripherische, mit dem *Ganglion Gasseri* zusammenhängende Stumpf des Trigeminusstammes gereizt wird, zeigt, dass mit dem Stamme des fünften Gehirnnerven ebenfalls Röhren gehen, die, durch das *Ganglion Gasseri* tretend, für die Dilatatoren der Pupille bestimmt sind.

Nach einem solchen Erfolge war darnach zu suchen, von wo die in dem Trigeminusstamme verlaufenden Pupillendilatatoren herkommen, und hiebei dachte ich gleich an die *Medulla oblongata*, von welchem Organ das fünfte Gehirnnervenpaar entspringt.

Ich liess das Thier enthaupten, und entfernte mittelst einer star-

ken, nach der Kante gebogenen Scheere das Schädeldach. Aus der so geöffneten Schädelhöhle wurde das Gehirn und das Kleinhirn ganz herausgenommen, und aus der *Medulla oblongata* liess ich dort nur denjenigen Theil, welcher zwischen dem Stamme der beiderseitigen Trigeminusnerven seinen Platz einnahm. Und wenn dieser zurückgebliebene Theil der *Medulla oblongata* mittelst Inductionsströmen gereizt wurde, erweiterten sich die beiderseitigen Pupillen; und wenn der Trigeminusstamm zwischen dem verlängerten Mark und dem *Ganglion Gasseri* durchgeschnitten war, konnte man in Folge der Reizung der *Medulla oblongata* keine Veränderung in der Pupillengrösse wahrnehmen, während die Irritation des mit dem *Ganglion Gasseri* verbundenen Stumpfes des Trigeminusastes eine Pupillendilatation zur Folge hatte.

In einem Falle, welchen ich als ein Beispiel erwähne, hatten die Pupillen einen Durchmesser von 2 Millimetern, nachdem das Thier in der beschriebenen Weise enthirnt war; als aber das entsprechende Stück der *Medulla oblongata* gereizt wurde, erweiterten sie sich zu einer Grösse von 8 Millim. Diameter.

Wenn von dem verlängerten Mark mehr zurückgelassen wurde, als oben erwähnt war, und davon Theile, die vor oder hinter den Ursprungsstellen des fünften Gehirnnervenpaares gelegen waren, gereizt wurden, konnte ich in den Grössenverhältnissen der Pupillen gar keine Veränderung wahrnehmen.

Die Reizungen, welche ich auf die *Medulla oblongata* applicirte, haben genügend gezeigt, dass an der Ursprungsstelle des Trigeminus Röhren entstehen, welche, in dem Stamme des Trigeminusnerven gelagert, für die Dilatatoren der Pupillen bestimmt sind:

Aus meinen Versuchen folgt:

1) Für die pupillenerweiternden Nerven befindet sich in dem Rückenmark ein Ursprungscentrum, welches mit der Ursprungsstelle der Trigeminusnerven zusammenfällt.

2) Jede Nervenröhre, welche für die Dilatatoren der Pupille bestimmt ist, geht durch das *Ganglion Gasseri*, und verlässt dasselbe durch den ersten Trigeminusast.

Zuletzt muss ich auf einen Fehler aufmerksam machen. Es ist nämlich noch in den neuesten Lehrbüchern, wie z. B. in dem Funke'schen Lehrbuch der Physiologie (3. Auflage. I. B. S. 24) zu lesen, dass das Blut derjenigen, welche asphyktisch sterben, nicht gerinnt. Wie man zu diesem Resultate kam, kann ich nicht sagen, soviel wage ich aber mit ganzer Bestimmtheit zu behaupten, dass jene Angabe falsch sei, indem ich beobachtete, dass das Blut der erwürgten Thiere immer gerinnt, wenn dasselbe entweder gleich nach dem Tode oder nach einem längeren Zeitverlauf (etwa 12 Stunden nach dem Tode) aus den Gefässen herausgelassen wird.

Fig. 1.

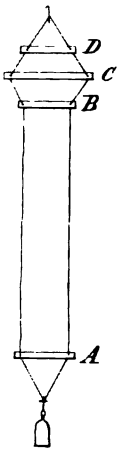


Fig. 2.

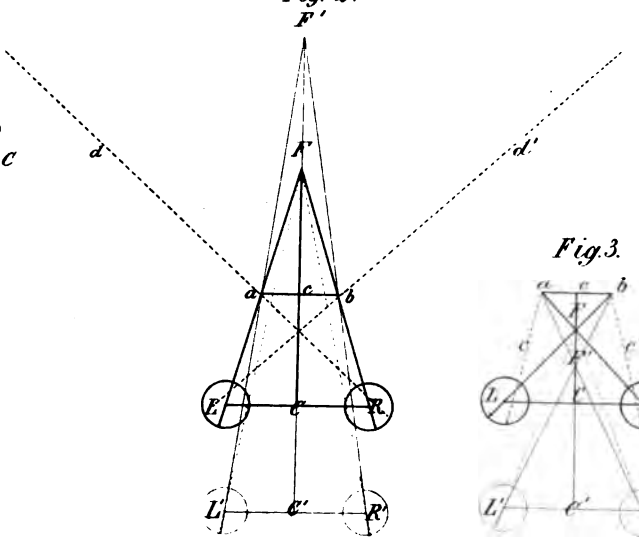


Fig. 3.

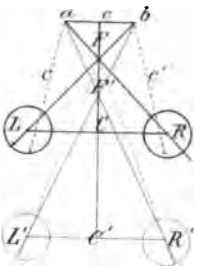


Fig. 4.

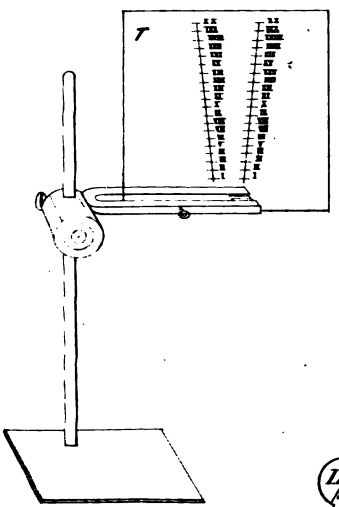


Fig. 5.

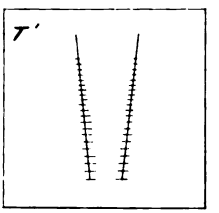


Fig. 6.

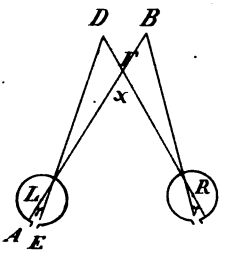
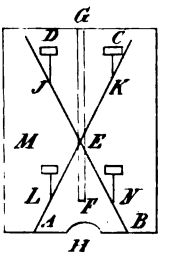


Fig. 7.



XX.

Beiträge zur Lehre vom Sehen der dritten Dimension.

Von

Dr. **Otto Becker** und Dr. **Alexander Rollett** [1]).

(Mit 2 Tafeln.)

Erste Abtheilung.

Beide hatten wir im verflossenen Winter Arbeiten unternommen, welche nicht unwesentliche Berührungspunkte darboten. Wir bemerkten bald, dass es unseren Zwecken sehr entsprechen würde, wenn wir uns zu gemeinsamen Arbeiten verbänden.

Die Ausführung dieses Entschlusses hatte zur Folge, dass wir in der vorliegenden Abhandlung, deren erster Abschnitt von dem Letzteren, deren zweiter und dritter Abschnitt von dem Ersteren der oben genannten Verfasser bearbeitet wurde, eine Reihe von Versuchen und Beobachtungen unter Einem der Oeffentlichkeit übergeben.

Wir mussten diese Form um so mehr wählen, da wirklich die Beobachtungen stets beiderseitig controlirt wurden, und wir gegenwärtig mit einer vollständig gemeinsamen Arbeit beschäftigt sind, welche als zweite Abtheilung dieser Beiträge nächstens bekannt gemacht werden soll.

Wir werden später oft Gelegenheit haben, auf die Eigenschaften

---

[1]) Aus den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften, von den Herren Verfassern mitgetheilt.

unserer Augen zu verweisen, und wollen daher gleich in vorhinein das Wesentlichste darüber angeben.

Bei Becker sind beide Augen vollkommen gleich beschaffen. Der Abstand der Augenmittelpunkte beträgt 68 Millim. Sein Nahepunkt liegt 126 Milim. vor dem Hornhautscheitel, sein Fernpunkt 1,857 Meter. Ein Concavglas von 1,857 Meter, Brennweite verbessert ihm die Deutlichkeit entfernter Objecte, ohne sie zu verkleinern. Bei Rollett sind gleichfalls beide Augen vollkommen gleich beschaffen, der Abstand seiner Augenmittelpunkte beträgt 63 Millim. Sein Nahepunkt liegt 94 Millim. vor dem Hornhautscheitel, sein Fernpunkt ∞.

Der Erstere besitzt also sehr schwach kurzsichtige, der Letztere normalsichtige Augen.

I. Die Ortsbestimmung durch den Convergenzwinkel der Sehlinien.

Wenn wir irgend einen Körper der uns umgebenden Aussenwelt in die Augen fassen, so schreiben wir ihm alsbald eine bestimmte Farbe und Helligkeit, eine bestimmte Höhe, Breite und Tiefe und eine bestimmte Entfernung vor uns im sichtbaren Raume zu.

Schnell und mit dem Anschein der unmittelbaren Empfindung haben wir einen Act des Erkennens vollzogen. Die Physiologie lehrt uns aber, dass jeder solche Act abhängig ist von einer Reihe innig mit einander verschmelzender Urtheile, die ihrerseits wieder durch eine Reihe von Empfindungsvorgängen bestimmt werden.

Zunächst und in erster Reihe wird unser Urtheil durch die Erregungszustände des *N. Opticus* bedingt, es ist aber ebenso auch abhängig von dem Zustande des sensiblen Nerven unserer Augen, ihrer Binnenmuskeln und ihres äusseren Bewegungsapparates.

Ich hebe das letztere Moment hier heraus, um den Gegenstand dieser Abhandlung in Angriff zu nehmen.

Man pflegt sich kurz darüber auszudrücken, indem man sagt: das Urtheil über die Grösse und Tiefendistanz der gesehenen Gegenstände ist wesentlich mit bedingt durch den Werth des Convergenzwinkels der Sehlinien, unter welchem wir sie beschauen.

Der Convergenzwinkel dient uns hier als das leicht verständliche Symbol für wenig bekannte innere Veränderungen, die mit der wechselnden Stellung unserer Augen sich verknüpfen.

Kürzlich habe ich eine Reihe hier einschlägiger Versuche [1]) mitgetheilt, welche mit planparallelen Glasplatten angestellt wurden, und aus welchen unter Anderen eine experimentelle Bestätigung der für das binoculäre Sehen wichtigen Thatsache, dass wir den scheinbaren Ort sich deckender Doppelbilder in den Kreuzungspunkt der Sehlinien verlegen, hergeleitet werden konnte. Ueber diese eben angezogene Thatsache werden wir zu sehr umfassenden und tief gehenden Belehrungen gelangen, wenn wir den Blick auf die uns umgebenden Körper mit wenigen höchst einfachen Versuchen verknüpfen.

Es soll eine kleine Vorrichtung Fig. 1 dazu dienen. Sie besteht aus zwei beiläufig 50 Centim. langen Fäden (Darmsaiten von 1 Millim. Durchmesser). An ihren Enden sind sie mit einander verknüpft und tragen daselbst je einen Haken aus Stahl; der obere dient zum Aufhängen des Apparates, der untere trägt ein spannendes Gewicht. Die Fäden werden auseinander gehalten durch oblonge Stücke aus Holz oder sehr fester Pappe. In diesen Stegen befinden sich in bestimmter Entfernung von einander kleine Löcher, durch welche je einer der Fäden läuft. Wir unterscheiden von unten nach oben fortschreitend vier solcher Stege *A, B, C* und *D*. *A, B* und *D* bewirken, wenn sie, während der Apparat lothrecht herunterhängt, sich in horizontaler Lage befinden, einen Abstand der Fäden von 55 Millim., während *C* unter gleichen Umständen einen Abstand von 95 Millim bedingt. Alle Stege sind längs der Fäden frei verschiebbar. Auf einer zwischen *A* und *B* befindlichen Strecke werden die Fäden einander parallel liegen; schiebe ich *B* herunter bis zur Berührung von *A*, so werden die Fäden zwischen *B* und *C* nach unten convergiren; der entgegengesetzte Fall, eine Convergenz nach oben, wird eintreten, wenn ich auch noch *C* soweit als möglich gegen *B* herunterschiebe. Die Nothwendigkeit dieser Einrichtung wird sich aus dem folgenden leicht ergeben.

[1]) Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe der Wiener Akademie Bd. XXXII. p. 488 u. diese Untersuchungen Bd. VIII. p. 1.

1. Der Versuch mit dem wandernden Faden.

A. Der entgegengesetzt wandernde Faden.

Ich stelle mich 60 Centim. von meinem Apparat entfernt auf. Die Fäden sollen parallel zwischen *A* und *B* verlaufen und etwa in ihrer Mitte von der horizontalen Visirebene geschnitten werden; dann erzeuge ich mir, indem ich die Sehlinien für einen jenseits der Fäden liegenden Punkt so einstelle, dass in beiden Augen auf den verticalen Meridianen das Bild je eines der Fäden entworfen wird, ein Sammelbild aus den zwei Fäden. Das letztere wird, vorausgesetzt, dass wir unabhängig von der Augenstellung accommodiren können, ganz denselben Eindruck hervorbringen, wie ein reeller durch den Fixationspunkt laufender Faden, und wird in der Mitte zwischen zwei anderen Fäden zu liegen scheinen, von welchen der linke dem rechten, der rechte dem linken Auge angehört, die sich also verhalten, wie ungleichseitige Doppelbilder, wovon man sich sofort durch abwechselndes Schliessen und Oeffnen des einen oder des andern Auges überzeugt. Durch Fig. 2 wird der ganze Sachverhalt veranschaulicht, *a* und *b* sind die Durchschnitte der Fäden, *d* und *d'* die Richtungslinien der Doppelbilder, und es ist dieser Versuch kein anderer, als der, welchen Fechner in seiner Abhandlung über binoculäres Sehen den Versuch mit den drei Bildern nennt. Er gelingt ziemlich leicht und kann mit geringer Mühe vollkommen erlernt werden.

Es soll nun das mit *F* bezeichnete Sammelbild in Beziehung auf seine Oertlichkeit untersucht werden. Dabei befinden wir uns im Freien, in einer offenen Landschaft, und haben bereits einen für unsere Zwecke passenden Standpunkt ausgekundschaftet. Wir stehen also mit unserem Apparate auf einem Plateau und haben in einer Entfernung von etwa zehn Schritten vor uns beginnend und von da in's Weite laufend eine Gruppe entblätterter oder wenig belaubter Bäume, über deren Zweige und Wipfel wir hinsehen. Der Faden steht in diesem Falle bei Beginn des Versuches ganz deutlich vor den Bäumen. Jetzt bewegen wir uns aber das Sammelbild festhaltend allmälig rücklings in gerader Richtung weiter und entfernen uns so immer weiter von unserem Apparat. Dabei beobachten wir die merkwürdige Erscheinung eines raschen Wanderns des Faden. Und zwar

entfernt sich derselbe von seinem ursprünglichen Orte immer weiter und weiter und streicht durch und über die Wipfel und Zweige der Bäume hin, und wir können, indem wir sehr allmälig oder absatzweise rückwärts schreiten, den Faden mit allen beliebigen hinter einander liegenden Zweigen oder Wipfeln zur Deckung bringen, d. h. bei scharfer Fixation mit diesen zugleich einfach sehen. Wir können ihn durch Feststellung unseres Körpers und Kopfes an einer bestimmten Stelle festhalten oder auch durch geringes Vor- und Rückwärtsschreiten wieder entsprechend herbei oder in die Ferne wandern lassen. Absichtlich habe ich dieses Phänomen zuerst so beschrieben, wie man es in der freien Landschaft ohne Störung des ganzen Effectes durch einen undurchsichtigen, beschränkenden und psychische Compensationen herausfordernden Hintergrund, also unter den günstigsten Bedingungen wahrnehmen kann.

Begreiflicher Weise gelingt der Versuch im Laboratorium ebensogut, wenn man z. B. vom Fenster aus die Uebersicht über einen grösseren freien Garten geniesst und überdies Spielraum genug für die Excursionen seines Körpers hat. Jeder, welcher den Versuch nachmachen will, wird sich leicht die passende Localität und Aussicht selber wählen können, wenn er einmal weiss, worauf es hauptsächlich ankommt, und dafür glaube ich durch meine obige Darstellung am besten gesorgt zu haben.

Es frägt sich, wie die Erscheinung des wandernden Fadens zu erklären sei?

Dazu müssen wir uns noch einmal die Anordnung des Versuches vergegenwärtigen.

Wir haben in bestimmter Entfernung cC, Fig. 2, vom Mittelpunkte der Grundlinie C zwei parallele Faden ausgespannt; in a und b sind ihre Durchschnitte sichtbar. Die Entfernung derselben ab beträgt 55 Millim. und ist kleiner als die Länge der Grundlinie LR, welche bei mir nach der Listing'schen Methode gemessen 63 Millim., bei Becker 68 Millim. beträgt. Das Sammelbild erscheint in F unter dem Convergenzwinkel φ und darnach weisen wir ihm seinen Ort im Raume an.

Die Grösse dieses Convergenzwinkels ändert sich aber, alles

Uebrige gleichgesetzt, mit der Entfernung des Mittelpunktes der Grundlinie von der Ebene der Fäden.

Wir haben

$$cF = \frac{ac \times cC}{LC - ac} \text{ und}$$

$$\text{tang } \frac{\varphi}{2} = \frac{LC - ac}{cC}$$

und ersehen hieraus, dass der Werth von φ kleiner wird, wenn die Entfernung cC grösser wird, dass er, wenn $Cc = \infty$ wird, Null ist.

Ein solches Wachsen von Cc bringen wir aber durch unser Rückwärtsschreiten factisch zu Stande. Der Convergenzwinkel, unter welchem unser Sammelbild erscheint, wird immer kleiner, das Sammelbild rückt immer weiter und weiter in die Ferne und zwar in Excursionen, die um Vieles grösser sind, als die Scheinbewegungen eines unserem Sammelbilde an seinem Ausgangspunkte substituirten reellen Fadens wären, wenn wir die bei unserem Rückwärtsschreiten statthabende Dislocation CC^1 nicht sowohl auf unseren Körper, sondern auf den Faden beziehen würden. Wie sich leicht ergiebt, ist $< L'FC'$ um $< FL'F'$ grösser als $< L'F'C'$. Der Convergenzwinkel nimmt also für das Sammelbild in grösserem Verhältnisse ab, als für die vom Sammelbild gedeckten Gegenstände, und darum erscheint es uns als ein über die anderen Gegenstände hin in die Ferne wandernder Faden.

Wir wollen nun aus

$$\text{tang } \frac{\varphi}{2} = \frac{LC - ac}{Cc}$$

noch einige Folgerungen ziehen, indem wir uns auch ac variabel denken.

Dann haben wir in Beziehung darauf 3 Fälle zu unterscheiden $ac < LC$, wie oben, oder $ac = LC$, oder $ac > LC$.

In dem einen der zwei letzten Fälle wird $\varphi = 0$, in dem andern bekommt es ein entgegengesetztes Vorzeichen, d. h. die Sehlinien stehen parallel, oder sie divergiren unter einem bestimmten Winkel.

Im ersteren Falle wird der Faden in der unendlichen Entfernung gesehen, über den Ort des Fadens im letzteren Falle lässt sich *a priori* gar nichts sagen, darüber kann nur der Versuch entscheiden.

Die Bedingungen eines guten Versuches lassen sich aber in beiden Fällen mit parallelen Fäden nur sehr schwer oder gar nicht herstellen.

Ich habe mich daher etwas anders eingerichtet, will jedoch diesen Gegenstand erst in einem späteren Abschnitte wieder aufnehmen und jetzt übergehen:

B. Zu dem mitwandernden Faden.

Wie früher stellen wir uns auch jetzt vor die Fäden hin und zwar in unserem gewöhnlichen Arbeitszimmer, da bei diesem Versuche nur geringe Distanzen in Betracht kommen, und die passende Aufstellung von Nebenvorrichtungen nothwendig wird.

Die Entfernung unserer Augen von dem Apparat betrage 80 Cm. Zwischen unsere Augen und den Apparat setzen wir eine Korkplatte auf passender Unterlage und stecken lothrecht darauf eine Reihe von Stricknadeln in Intervallen von etwa 7 Centim. Die Nadeln stehen in einer geraden Linie hinter einander, welche genau in der Mitte zwischen den Fäden unseres Apparates hindurchläuft und auf der Ebene der Fäden senkrecht steht. Der Abstand der vordersten Nadel von den Fäden betrage 45 Cm.

Nun erzeugen wir uns wieder ein Sammelbild aus den zwei Fäden, aber dadurch, dass wir auf einen uns näher gelegenen Punkt die Sehlinien einstellen. Das so erzeugte Sammelbild liegt dann in der Mitte zwischen zwei gleichseitigen Doppelbildern. Hierauf bewegen wir uns wieder, das Sammelbild festhaltend, rücklings in gerader Linie weiter.

Der Faden beginnt dann, wie beim früheren Versuche, eine Wanderung, indem er, während wir allmälig nach rückwärts weichen, zuerst die dem Apparat zunächst stehende Nadel deckt, dann über diese hinaus geht und in die Verlängerung der zweiten fällt, endlich in die der dritten u. s. w.

Wir können ihn wieder durch Feststellung unseres Körpers und Kopfes an einer bestimmten Stelle festhalten, oder, wenn wir rückwärts und dann wieder vorwärts schreiten, über den Nadeln verschieben; kurz der Faden wandert, wie im ersten Versuch, aber im

gleichen Sinne mit unserem Körper und nicht entgegengesetzt, wie im ersteren Falle.

Zur Erklärung dieses zweiten Versuches habe ich Fig. 3 entworfen. Man wird deren Bedeutung leicht erfassen, wenn man sie mit Fig. 2 vergleicht.

Jetzt haben wir aber:

$$cF = \frac{ac \times eC}{LC + ac} \text{ und}$$

$$\text{tang } \frac{\varphi}{2} = \frac{LC + ac}{Cc}.$$

Auch hier wird also der Winkel φ kleiner, wenn Cc wächst. Auch hier bringen wir ein solches Wachsen durch unser Rückwärtsschreiten zu Stande. Das Sammelbild liegt um so weiter von uns, je weiter wir uns zurück begeben. Aber die Ortsveränderung, welche es vermöge der Aenderung des Convergenzwinkels erleidet, ist nicht so gross als die Scheinbewegung eines dem Sammelbilde in seiner ersten Lage substituirten reellen Fadens wäre, wenn wir die stattfindende Dislocation CC' wiederum nicht auf unsern Körper, sondern auf den Faden bezögen.

Es ist $< L'FC'$ um $< FL'F'$ kleiner als $< L'F'C$.

Der Convergenzwinkel nimmt also für das Sammelbild in geringerem Verhältnisse ab als für die vom Sammelbild gedeckten Gegenstände.

Darum scheint es wieder über die anderen Gegenstände hinzuwandern, aber jetzt in gleichem Sinne mit unserem Körper.

Mann kann sich nun wieder in der obigen Gleichung sowohl als auch ac innerhalb der möglichen Grenzen variabel denken. Ich überlasse es aber jedem selbst, die theoretisch nicht uninteressanten Folgerungen hieraus zu ziehen; mir kam es nur darauf an zu zeigen, wie sich die beiden beschriebenen Versuche im vollsten Einklange mit einander befinden, und wie sich daraus die umfassendste Bestätigung der Lehre von der Ortsbestimmung durch den Convergenzwinkel ergiebt. Es muss ferner schon hier hervorgehoben werden, dass die beschriebenen Versuche einen neuen Beleg liefern für die Feinheit unseres Vermögens wenig differente Lagen der Schlinien von einander

zu unterscheiden. Klarer wird diese Thatsache noch hervorgehoben aus später anzuführenden Zahlenbelegen für die bei diesen Versuchen in Betracht kommenden Convergenzwinkel und ihre Unterschiede.

2. *Der Versuch mit dem geneigten Faden.*

Ich nehme hier die am Schlusse von 1. *A* abgebrochene Untersuchung wieder auf.

Wieder befinden wir uns vorerst mit dem Apparate Fig. 1 in der weithin offenen Landschaft. Jetzt haben wir aber den Steg *B* bis zur Berührung von *A* herunter geschoben. Und nun erzeugen wir uns wieder, in einer bestimmten Entfernung, 1 Meter vor dem Apparat stehend, ein von zwei verkehrtseitigen Doppelbildern begleitetes Sammelbild der zwei Fäden, indem wir die einzelnen Punkte derselben durch passende Einstellung der Augen zur Deckung bringen.

Von *B* nach aufwärts bis zu einer dem Abstand der Drehpunkte unserer Augen gleichkommenden Fadendistanz wird dies durch Convergenz hinter den Fäden geschehen, Punkte der Fäden, deren Abstand gleich ist der Länge der Grundlinie, werden sich decken, wenn wir die Sehlinien parallel stellen; Punkte, deren Entfernung grösser ist als der Abstand der Drehpunkte, werden sich aber nur dann decken, wenn wir im Stande sind, mit den Sehlinien zu divergiren.

Nach vielfachen Uebungen, deren Methoden und Resultate später beschrieben werden sollen, haben Becker und ich uns diese Fähigkeit erworben. Und zwar besitzt sie der Letztere in ausgezeichnet hohem Grade. Für die oben angenommene grösste Fadendistanz 95 Millim. ist es uns bei einer Entfernung von 1 Meter von dem Apparate beiden gleich leicht möglich. Unser Sammelbild erscheint uns, wie dies den bekannten stereoskopischen Thatsachen gemäss der Fall sein muss, als eine schiefe Linie von vorne und oben nach hinten und unten dem Beobachter zugeneigt.

Wir wollen jetzt deren Lage in der Landschaft, d. h. die Oertlichkeit ihrer einzelnen Punkte näher untersuchen.

Wir bemerken sehr bald, dass wir durch eine passende Verschiebung des Kopfes nach auf- oder abwärts je einen Punkt unserer schiefen Linie mit irgend einem hervorragenden Punkte der Landschaft,

mit Baumwipfeln, mit dem freien Ende von Telegraphenstangen, mit dem Giebel und First von Dächern, mit Schornsteinen, entfernten Kirchthürmen, Bergeskuppen oder den Wolken zur Deckung bringen können.

Die schiefe Linie macht uns dann vollkommen den Eindruck eines von dem Beobachter bis zu jener Spitze hin gespannten Seiles, welches jedoch über diesen seinen Stützpunkt in gerader Richtung immer weiter in die Ferne läuft. Ehe ich weiter gehe, muss ich anführen, dass ich bei Wheatsone (Pogg. Ann. I. Suppl.-Bd. p. 19) eine hierher gehörige Beobachtung von Smith citirt finde. Es heisst: „Dr. Smith befand sich in einem Falle einer mit zwei Augen gesehenen Perspective sehr in Verlegenheit, ohne ihn erklären zu können. Er hielt einen geöffneten und bei dem Kopfe gefassten Zirkel so vor die Augen, dass die Spitzen desselben gleichweit von den Augen entfernt und nach Aussen gerichtet sich etwas höher befanden als der Zirkelkopf; indem er nun nach einem entfernten Gegenstand sah, erschien ihm der Zirkel doppelt. Er drückte nun die Schenkel des Zirkels soweit zusammen, dass sich die beiden inneren Spitzen vereinigten, wobei sich die beiden inneren Schenkel ebenfalls vereinigten, und den von den äusseren Schenkeln gebildeten Winkel durchschnitten, und jetzt beobachtete er die vereinigten inneren Schenkel nicht nur dicker und länger als vorher, sondern sie erstreckten sich sogar von der Hand bis zu einem in der weitesten Ferne gesehenen Gegenstande. Die Erklärung, welche Dr. Smith darüber giebt, bezieht sich nur auf das Zusammenfallen der Zirkelspitzen, aber nicht auf das der ganzen Schenkel. Der Effect ist am deutlichsten, wenn man das Experiment mit zwei geraden Stücken Draht von ungefähr 1 Fuss Länge anstellt.“ Und weiter heisst es daselbst: „Eine ähnliche Beobachtung machte Dr. Wells mit zwei flachen Linealen und später mit seidenen Fäden; sie erschien ihm aber durch alle schon vorhandenen Theorien so unerklärlich, dass er sich veranlasst fühlte, eine neue Theorie über die Richtung des Sehens vorzuschlagen, welche sie erklären sollte.“ Leider konnte ich mir die Abhandlung von Dr. Wells nicht verschaffen.

Bei unserem Versuche kann man nach einander durch zweckmässige Verstellung des Apparates und des eigenen Kopfes das

beschriebene scheinbare Seil bald an diese, bald an jene Spitze anheften, oder es in einer bestimmten Lage festhalten.

Während dies der eine Beobachter thut, kann ein Anderer dicht an den Fäden des Apparates von oben her einen schwarzen undurchsichtigen Schirm successive soweit vorschieben, bis er gerade vor dem sich mit der entfernten Spitze deckenden Punkt der Fäden angelangt ist, wobei er sich nach einem von dem ersten Beobachter gegebenen Zeichen zu richten hat.

Heftet man das Seil nach einander einmal an einem sehr nahe gelegenen Punkt, dann wieder an einem in beträchtlicher Entfernung liegenden an und misst den Abstand der Fadenpunkte, bis zu welchen der undurchsichtige Schirm in beiden Fällen vorgeschoben werden kann, so bemerkt man, dass der Abstand im ersteren Falle ein geringerer ist, als im letzteren, d. h. die einander und den in die Augen gefassten Gegenstand deckenden Punkte der Fäden liegen im ersteren Falle näher an B, als im letzteren. Diese Differenz beträgt aber für sehr grosse Unterschiede in der Tiefendistanz einen unbedeutenden Bruchtheil der Länge unserer Fäden.

Alle bis jetzt angeführten Beobachtungen erklären sich ganz auf dieselbe Weise, wie die früheren Versuche durch die Thatsache, dass wir zwei unter demselben Convergenzwinkel erscheinende Sammelbilder immer an denselben Ort verlegen.

Es wird vielleicht in Manchem, der diese Versuche wiederholt, der Gedanke rege werden, man könne auf die beschriebenen Versuche hin einen Distanzmesser construiren, er wird aber auch sogleich sehen, dass diese Idee keine fruchtbare ist. Es wäre zur Anwendung eines solchen Instrumentes eine grosse subjective Uebung erforderlich, und wenn man auch hier durch stereoskopische Vorrichtungen, Röhren und feine Diaphragmen, welche zwischen den Augen und den Fäden angebracht würden, eine wesentliche Erleichterung herbeiführen könnte, so ist doch der Umstand hinderlich, dass der Convergenzwinkel der Sehachsen sich allzurasch der 0 nähert, d. h. der Parallelismus der Sehachsen sehr bald erreicht würde. Nahe demselben kämen aber unmessbar feine Unterschiede in dem Abstand unserer Fäden in Betracht, gerade aus diesen kleinen Differenzen müsste aber der relative Tie-

fenabstand zweier in beträchtlicherer Entfernung liegender Punkte berechnet werden.

Von dem eben Gesagten kann man sich durch eine weniger bequeme, aber sehr lehrreiche Abänderung unseres Versuches die beste Einsicht verschaffen.

Man ziehe auf einer viereckigen Glastafel (Fig. 4 *T*) zwei schiefe Linien, auf meiner Tafel besitzen sie eine Länge von 206 Millim., beide sind gleich geneigt gegen eine Linie, welche senkrecht steht auf den Halbirungspunkten, der die oberen und unteren Enden der schiefen Linien verbindenden Geraden. Dann ziehe man in gleichen Abständen eine Reihe von Parallellinien zur oberen und unteren Verbindungslinie. Schliesslich lösche man von dem gezogenen Liniensysteme wieder alles aus mit Ausnahme der schiefen Linien und je zweier Stücke einer jeden Parallellinie, deren Hälften sich gleichweit vom Durchnittspunkte mit der schiefen Linie nach rechts und nach links erstrecken. Dann erhält man zwei von Theilstrichen gekreuzte schiefe Linien und kann die Theilstriche mit Nummern versehen.

Auf meiner Tafel Fig. 4 *T* befinden sich je 20 solcher Theilstriche. Die Entfernung der Durchschnittspunkte des Theilstrichs I jeder Seite mit der entsprechenden schiefen Linie beträgt 34 Millim., die Entfernung der Durchschnittspunkte von XX beträgt 70 Millim. Die Entfernungen der übrigen Durchschnittspunkte findet man leicht, denn sie bilden eine arithmetische Reihe, deren Differenz also $0{,}95 \times 2$ ist.

Berechnet man nun die Convergenzwinkel, unter welchen sich die Durchschnittspunkte der einzelnen Theilstriche decken nach

$$\text{tang } \frac{\varphi}{2} = \frac{LC - ac}{Cc},$$

wobei $LC = 31{,}5$ Millim., $Cc = 600$ Millim. gesetzt werden soll, so findet man, dass für Theilstrich I $\frac{\varphi}{2} = 1^\circ\, 23'\, 23''$, dass die halben Convergenzwinkel von Theilstrich zu Theilstrich mit einem zu vernachlässigenden Fehler um $5'\, 25''$ abnehmen, dass der halbe Convergenzwinkel für Theilstrich XVI $1'\, 40''$ beträgt, und dass der symmetrische Parallelismus der Sehlinien zwischen Theilstrich XVI und

XVII erreicht wird. Es muss aber bemerkt werden, dass bei diesen Rechnungen von der Neigung der Visirebene abgesehen ist.

Wenn ich mich nun vor die in einer stellbaren Klemme angebrachte Tafel *T*, Fig. 4, in einer Entfernung von 60 Centim. hinstelle, und die schiefen Linien, sowie im früheren Versuch die Fäden zur Deckung bringe, so sehe ich gleichsam ein stereoskopisches Maassband in geneigter Richtung vor mir empor laufen. Oder um ein anderes Bild zu gebrauchen, eine Leiter, deren mit Nummern versehene Sprossen auf einer ihre Mitte kreuzenden geneigten Stange angeordnet sind.

Wenn ich nun einzelne Punkte dieser Leiter mit passend gelegenen Gegenständen der Aussenwelt zur Deckung bringe, so bemerke ich, dass die grösste Anzahl der Theilstriche auf relativ wenig weit entfernte Gegenstände fällt. Ich kann zum Beispiele die Leiter über das Kreuz meines Fensters, dann über den Dachfirst eines gegenüberliegenden 60 Schritte weit entferten Hauses und endlich in die Wolken laufen lassen, dann bemerke ich, dass sich II mit dem Fensterkreuz, XVI mit dem Dachfirst deckt, während ein kurzes Stück über XVI die Deckung mit den Wolken stattfindet. XVII, XVIII u. s. f. kann ich aber mit keinem äusseren Gegenstande mehr zur Deckung bringen.

Die Uebereinstimmung zwischen Versuch und Rechnung ist eine überraschende und unerwartete. Als Becker mit der von mir angefertigten Tafel zuerst einen Versuch anstellte, wusste er nichts über die gewählten Dimensionen. Wir stellten die Aufgabe, er solle den Theilstrich ablesen, welcher sich mit einem Schornstein des vorerwähnten Hauses deckt. Er gab nach kurzer Beobachtung XVIII an. Dort beträgt aber die Entfernung der schiefen Linien 66,2 Millim., er hatte also nahezu den symmetrischen Parallelismus seiner Sehlinien an den schiefen Linien abgelesen, denn die Entfernung seiner Pupillen bei parallelen Sehlinien beträgt 68 Millim.

Aus den Versuchen mit der Tafel sehen wir ferner, dass die scheinbare Tiefendistanz der Objecte sehr rasch mit der Entfernung derselben von unserer Grundlinie abnimmt.

Das letztere würde in noch viel höherem Grade der Fall sein,

wenn wir nicht an unter sich gleiche Excursionen unserer Sehlinien bei kleineren Convergenzwinkeln die Vorstellung grösserer Raumwerthe knüpfen würden, als bei grösseren Convergenzwinkeln. Dass das letztere der Fall ist, geht daraus hervor, dass wir den Abstand zweier Sprossen unserer stereoskopischen Leiter von I—II nach aufwärts immer grösser schätzen, so dass uns der Zwischenraum I—II am kleinsten und jeder nächstfolgende grösser als der vorhergehende erscheint, kurz wir durchmessen den Raum an unserer Leiter, wie mit einem Massstab, dessen Theilstriche immer weiter auseinander rücken, zu gleicher Zeit bemerken wir auch eine mit der Entfernung wachsende Verbreiterung der Theilstriche und Vergrösserung ihrer Nummern, kurz die Leiter zeigt jene mit der Abnahme der Convergenzwinkel einhergehende ebenmässige Vergrösserung, die man bisher nur aus psychischen Momenten zu erklären wusste.

Man kann diesem Versuch einen andern anreihen, der namentlich für die zuletzt gezogenen Folgerungen von Bedeutung ist. Man ziehe auf einer Glastafel zwei schiefe Linien genau so, wie auf *T* Fig. 4, dann eine Reihe ähnlicher Parallellinien, wie dort, die aber nicht gleichweit von einander abstehen, sondern in ungleichen Abständen auf einander folgen, und zwar soll der Abstand zwischen I und II so gross sein, wie in *T;* der Abstand XIX—XX aber nur halb so gross. Die übrigen Abstände sollen successive nach den Gesetzen einer arithmetischen Reihe von I—II bis XIX—XX abnehmen. Und überdies soll der Theilstrich I doppelt so lang sein als der Theilstrich XX, dann erhält man auf der Tafel die Zeichnung Fig. 5. Bringt man nun die schiefen Linien zur Drehung, wie früher, so sieht man wieder eine stereoskopische Leiter. Diese zeigt aber, wenn einmal die stereoskopische Erscheinung in ihrer vollen Wirksamkeit hervorgetreten ist, nicht mehr jene grossen Differenzen in Beziehung auf Abstand und Breite der Sprossen, wie die frühere. Mir erscheint bei den eben gewählten Dimensionen vielmehr eine nahezu überall gleichbreite Leiter von dem entferntesten Punkt, mit welchem ich sie zur Deckung brachte, bis nahe an meinen Standort herzulaufen.

Die gewählten Dimensionen der zweiten Tafel sind rein willkürlich einer ungefähren Schätzung entsprungen. Durch beliebige Va-

riationen in der Länge und dem Abstand der Theilstriche kann man, wie sich von selbst ergiebt, noch mannigfach verschiedene stereoskopische Leitern zum Behuf vergleichender Beobachtungen herstellen.

Wir ersehen aber aus allen bis nun beschriebenen Versuchen, dass wir indirect „durch ein Urtheil über die Aussenwelt", wie Brücke sich ausdrückte, bestimmte Zustände und Zustandsänderungen unseres Sehapparates, deren inneres Wesen uns wenig bekannt, deren bündigster Ausdruck aber der Convergenzwinkel der Sehlinien ist, mit grosser Schärfe percipiren, und werden sogleich noch einen neuen nicht minder interessanten Beleg für dieses Factum kennen lernen.

Es wurde früher, als ich beschrieb, wie man gleichsam ein gespanntes Seil in eine Landschaft hineinlegen kann, angegeben, dass man das scheinbare Seil über die entferntesten Anheftungspunkte, welche man ihm giebt, noch weiter hinauslaufen sehe. Dies kommt daher, dass wir auch jene Punkte der Fäden noch zu einem Sammelbilde vereinigen, die weiter von einander abstehen, als die Drehpunkte unserer Augen. Wir sahen diese letzteren im Sammelbilde jenseits der mit parallelen Sehlinien vereinigten Fadenpunkte. Unser Seil läuft in gerader Richtung in's Weite; nirgends zeigt sich eine Knickung. Das letzte Ende des Seiles liegt, so urtheilen wir, weiter von uns ab als die Mitte, als der Anfang des Seiles.

Jeder, welcher sich einmal die Fähigkeit erworben hat, zu divergiren, wird diese Beobachtung machen. So lange man in dieser Beziehung noch ungeübt ist, muss man die grösste Sorgfalt darauf verwenden, dass man nicht ein nur einem Auge angehöriges Bild mit einem Sammelbilde verwechsle. Sowie beim Schielen das Bild des einen Auges unterdrückt wird, so ereignet sich das auch sehr oft bei den im Anfang ziemlich anstrengenden und häufig fruchtlosen Bemühungen, unsere Fäden durch Divergenz zur Deckung zu bringen. In solchen Fällen schliesst sich aber dem aus weniger weit von einander abstehenden Fadenpunkten zusammengelegten scheinbaren Seile ein unter einem Winkel nach aufwärts laufendes Stück, das Bild eines der Fäden an. Das gespannte Seil erscheint in der Ferne geknickt, was nie der Fall ist, wenn man es mit einem wirklichen Sammelbilde aller Fadentheile zu thun hat. Am schönsten ist die Erscheinung des

gespannten Seiles, wenn man das letzte, bei divergenten Sehlinien einfach gesehene Endstück desselben frei gegen das wolkenlose blaue Himmelsgewölbe auslaufen lässt.

Während man das Sammelbild der durch Convergenz oder Parallelismus der Sehlinien vereinigten Fadenpunkte leicht mit endlich oder unendlich weit entfernten reellen Gesichtsobjecten zur Deckung bringen kann, wie schon oben des Weiteren ausgeführt wurde, ist dies natürlich mit den durch Divergenz entstandenen Sammelbildern niemals der Fall. Ich sehe, wenn es erlaubt ist, mich so auszudrücken, das letzte Ende des gespannten Seiles weiter entfernt, als unendlich weit.

Während ich, abgesehen von den mechanischen Schwierigkeiten, nicht in Verlegenheit bin, demjenigen Stück meines scheinbaren Seiles, welches ich mit convergirenden oder parallelen Sehlinien wahrnehme, ein reelles Seil zu substituiren, welches genau denselben Eindruck auf meine Augen machen würde, bin ich niemals im Stande, das Stück meines scheinbaren Seiles zu substituiren, welches ich mit divergenten Sehlinien wahrnehme.

Ich mag mir was immer für ein Seil einbilden, ich mag dasselbe an was immer für einen unendlich weit entfernten Ort hin verlegen, niemals werde ich zu einem Aequivalent meiner obigen Sinneswahrnehmung kommen.

Möge man über der eng an den gegebenen Fall sich anschliessenden Darstellung die hier entwickelte Thatsache in ihrer Wichtigkeit nicht unterschätzen.

Es handelt sich um ein bisher nicht beachtetes Factum, welches im dritten Abschnitt noch ausführlicher behandelt werden soll. Es macht sich hier eine eigenthümliche Disharmonie zwischen den mit der Sinneswahrnehmung verknüpften primitiven Vorstellungen und dem Inhalt unseres Verstandes geltend.

Meine Empfindungen zwingen mich zu urtheilen, dass ich den Eindruck eines Körpers empfange, an welchem ich ein vorne und hinten, ein oben und unten u. s. w. unterscheide, der sich vor und ausser mir befindet. Seine Entfernung muss ich aber grösser schätzen, als die aller reellen Körper der umgebenden Natur, selbst der unendlich

weit entfernten. Darum kann ich ihm auch nimmermehr ein greifbares Ebenbild substituiren, denn alles, was ich leisten kann, ist, dass ich mir einen reellen Körper in unendlicher Entfernung denke.

Ich will jetzt noch in Kürze anführen, dass man, wenn man die Fäden in unserer Vorrichtung durch Herabschieben von Steg *C* nach unten divergiren macht, ganz ähnliche Versuche anstellen kann, wie die vorhin mitgetheilten. Es ist die letztere Anordnung aber nicht empfehlenswerth, weil, wie im zweiten Abschnitt angeführt worden soll, es viel schwerer ist, bei abwärts geneigter Visirebene eine Divergenz der Augenachsen zu erzeugen, als bei horizontaler und aufwärts geneigter, und zweitens läuft das Ende des stereoskopischen Seiles dann nicht gegen das Himmelsgewölbe, sondern gegen weit entfernte terrestrische Objecte aus, welche eine nicht unbedeutende Behinderung der versuchten Divergenz dadurch setzen, dass sie fortwährend zu einer Parallelstellung der Sehlinien anreizen.

Man kann die schiefen Fäden endlich auch, ebenso wie die parallelen durch Convergenz vor der Ebene der Fäden zur Deckung bringen und erhält auf diese Weise bekannte stereoskopische Bilder, die mir aber zu keinen besonderen Beobachtungen Veranlassung gaben.

Zum Schlusse muss ich noch auf einen Umstand aufmerksam machen, welcher bei allen oben mitgetheilten Versuchen in Frage kommt. Dieser allgemeinen Bedeutung halber und andererseits, weil er auf den Gang der obigen Untersuchungen nicht wesentlich modificirend wirkt, soll er erst jetzt behandelt werden.

Es wurde an zahlreichen Stellen von einer örtlichen Deckung unseres stereoskopischen Fadenbildes mit gleichzeitig einfach gesehenen reellen Gegenständen gesprochen.

Es ist aber klar, dass man nicht gleichzeitig auf die zum Versuch dienenden Fäden und auf die mit dem Sammelbild derselben sich deckenden Gegenstände seine Augen einrichten kann.

Man wird also entweder das Sammelbild der Fäden scharf und den deckenden Körper in Zerstreuungskreisen oder umgekehrt das Sammelbild in Zerstreuungskreisen und den deckenden Körper scharf sehen.

Bei den obigen Versuchen wurde bald der erstere, bald der letztere Fall gewählt.

Durch feine Diaphragmen, welche man auf Wachskugeln befestigt und damit an die Spitzen eines Zirkels steckt, um sie in passender Lage vor die Augen zu bringen, kann man übrigens sogleich nach bekannten Gesetzen die beiden sich deckenden Gesichtsobjecte gleichzeitig in scharfen Umrissen wahrnehmen.

Wollte man z. B. die Excursionen der wandernden Fäden oder irgend ein anderes der früher angeführten Probleme ausrechnen und die gefundenen Resultate mit den Angaben einer Messkette vergleichen, so müsste man sich stets solcher Diaphragmen bedienen.

Von ihrer Wirkung kann sich jeder durch einen ganz einfachen Versuch auf's Schönste überzeugen. Man zeichne auf ein Blatt Papier zwei schwarze Kreuze in einem Abstand von 60 Millim., deren Schenkel 4 Millim. lang sind. Dann erzeuge man sich durch Convergenz vor der Ebene der Kreuze ein Sammelbild aus den zwei Kreuzen, und suche den Ort desselben mit der Spitze einer zwischen Nase und Papier herumgeführten Nadel auf. Man wird finden, dass wenn man die Nadel und das Sammelbild einfach sieht, immer entweder die Nadel oder das Kreuz scharf gesehen wird, niemals beide zugleich.

Es liegt in meiner Willkühr, in rasch auf einander folgenden Intervallen bald für die Nadel, bald für das Kreuz zu accommodiren. Becker kann es ebenfalls und hoffentlich wird sich jeder, wenn er die passende Entfernung der Kreuze von den Augen ausfindig gemacht, diese Fähigkeit erwerben, da, wie aus den Untersuchungen von Donders hervorgeht, sich mit jedem Convergenzwinkel der Sehlinien eine gewisse durch Uebung zu treibende Breite der Accommodation verknüpft.

Wenn man aber bei dem beschriebenen Versuche die obigen auf dem Zirkel befestigten Diaphragmen in passender Lage vor die Augen bringt, und nun wieder dadurch, dass man das linke Kreuz im rechten, das rechte im linken Auge sich abbilden lässt, ein Sammelbild erzeugt und den Ort desselben mit der Nadelspitze aufsucht; dann sieht man unter allen Umständen das Kreuz sowohl, als auch die Nadel scharf, das eine, weil man darauf accommodirt, die anderen wegen der Verkleinerung der Zerstreuungskreise, oder es ist das Umgekehrte der Fall.

II. Ueber stereoskopisches Sehen ohne Stereoskop.

Sieht man zwei gleiche oder zwei stereoskopische Zeichnungen mit beiden Augen unbefangen an, indem man dabei irgend einen Punkt der Bildebene fixirt, so sieht man nur zwei Zeichnungen oder glaubt wenigstens nicht mehr zu sehen. Wird aber von beiden Augen ein Punkt fixirt, der nicht in der Bildebene liegt, mithin vor oder hinter derselben liegen muss, so sieht man im Allgemeinen vier Bilder, d. h. man erhält Doppelbilder.

Für jede Entfernung und Stellung des Beobachters zur Bildebene giebt es zwei Punkte, in welchen sich die Sehlinien kreuzen müssen, damit zwei von den Doppelbildern zusammenfallen und der Beobachter statt vier nur drei Bilder sieht, und zwar ein Sammelbild in der Mitte und zwei einfache Doppelbilder zur Seite.

Liegt der Convergenzpunkt der Sehlinien vor der Bildebene, so giebt es für jeden bestimmten Abstand der beiden Bilder des Objectes von einander eine bestimmte Entfernung und Augenstellung des Beobachters, bei welchen die seitlichen einfachen Doppelbilder auf die Eintrittsstellen des *N. opticus* fallen und deshalb, wenn sie eine gewisse Grösse nicht überschreiten, nicht wahrgenommen werden können. In diesem besonderen Falle sieht man also, wie durch ein Stereoskop, *nur das Sammelbild, nur ein Bild.*

Da der Winkel φ Fig. 4, Tafel II, den AB die Richtungslinie der Mitte der *Macula lutea* mit CD der Richtungslinie der Mitte der *Papilla Nervi optici* einschliesst, in jedem besonderen Auge eine constante Grösse ist, und da, wenn die beiden seitlichen Doppelbilder verschwinden sollen, das eine Bild des Objectes auf der *Macula lutea,* das andere auf der Eintrittsstelle des *Nervus opticus* abgebildet werden muss, so muss sich der Beobachter der Bildebene um so mehr nähern, je geringer der Abstand der beiden stereoskopischen Zeichnungen ist. Der Convergenzwinkel der Sehlinien χ wächst mit Abnahme der Entfernung der Bildebene. Ist $BD = LR$, so ist $\chi = 2\varphi$.

Accommodirt der Beobachter für die Entfernung der Bildebene,

während er entweder durch Convergenz vor oder hinter der Bildebene ein in der Mitte stehendes Sammelbild erzeugt, so machen ihm zwei vereinigte stereoskopische Zeichnungen einen körperlichen Effect. *Er sieht stereoskopisch ohne Stereoskop.*

Man kann also auf zweifache Weise ohne Stereoskop stereoskopisch sehen, indem man entweder vor der Bildebene oder hinter derselben die Sehlinien kreuzt, dabei aber immer die Accommodation für die Bildebene festhält.

Fechner: „Ueber einige Verhältnisse des binoculären Sehens." Leipzig 1860, pag. 367 sagt: „Es ist mir auffallend gewesen, zu finden, dass verschiedene Personen sich in der respectiven Leichtigkeit gleichseitige oder ungleichseitige Doppelbilder zu erzeugen sehr ungleich verhalten. Wahrscheinlich würde eine genauere Erkundigung Aufschluss darüber in Verhältnissen der Weit- oder Kurzsichtigkeit, früheren Gewöhnungen und Gebrauchsweisen des Auges finden lassen, worauf ich jedoch keine genauere Untersuchung gerichtet habe."

Es werden dann eine Reihe von Beobachtern namhaft gemacht, vor denen die einen es bequemer finden, vor der Bildebene zu convergiren, während die anderen lieber hinter derselben die Sehlinien kreuzen. Nur ein Individuum, sagt Fechner weiter, sei ihm vorgekommen, welches mit gleicher Leichtigkeit gleichseitige und ungleichseitige Doppelbilder erzeugt und beherrscht.

Fechner sucht mit Recht den Aufschluss über die Ursachen dieser Verschiedenheit in dem Baue des Auges, in unseren Gewohnheiten und in den Gebrauchsweisen des Auges. Doch sind damit nicht alle Momente bezeichnet, welche hier in Rechnung kommen.

Ich habe schon erwähnt, dass zum deutlichen stereoskopischen Sehen nicht allein die beiden Doppelbilder, welche zum Sammelbilde vereinigt werden, auf der *Macula lutea* abgebildet werden müssen, sondern dass dazu auch gehört, dass man für eine andere Entfernung als den Kreuzungspunkt der Sehlinien zu accommodiren vermöge.

Nachdem durch verschiedene Beobachter nachgewiesen war, dass das Auge im Allgemeinen für einen bestimmten Convergenzwinkel nicht immer einen bestimmten Accommodationszustand festhält, sind

zuerst von Mac-Gillavry [1]) und dann von Donders Untersuchungen bekannt gemacht worden, welche darthun, dass die Grösse und Lage der freien Accommodation in einem und demselben Auge bei verschiedenen Convergenzwinkeln verschieden sei.

Beide Beobachter haben diese *relative Accommodationsbreite* durch Anwendung von Prismen bestimmt, vermittelst welcher sie den Sehlinien von einander verschiedene Convergenzwinkel bei Betrachtung eines Objectes von bekannter Entfernung auferlegten, und nun durch Vorsetzen von Concav- oder Convexgläsern die Accommodation zu erhöhter oder verminderter Thätigkeit veranlassten. Aus dem stärksten oder schwächsten Glase, durch welches das Object noch deutlich gesehen wurde, konnten die Grenzpunkte der freien Accommodation berechnet werden.

Aus den Untersuchungen von Donders geht hervor, dass die relative Accommodationsbreite im Allgemeinen abhängt vom Bau der Augen, aber beeinflusst wird von Uebung und Gewöhnung.

Ich will zunächst aus einander zu setzen versuchen, in wiefern die Leichtigkeit durch Convergenz vor der hinter der Bildebene ohne Stereoskop stereoskopisch zu sehen von dem Bau des Auges abhängt.

In dem Bau des Augen ist zunächst die absolute Accommodationsbreite desselben gegeben. Man unterscheidet mit Stellwag einen dreifachen Bau des Auges. Ich bezeichne ihn mit Donders Benennungen als brachymetropischen (myopischen), emmetropischen und hypermetropischen Bau.

Zu allernächst ist es bei allen Versuchen über binoculäres Sehen wichtig, ob die beiden Augen gleich oder verschieden gebaut sind. Der zweite Fall würde alle Untersuchungen ungemein compliciren. Ich glaube voraussetzen zu dürfen, dass auch Donders bei seinen Angaben über relative Accommodationsbreite immer ein Paar möglichst gleicher Augen vor sich gehabt habe. Auch hier soll in Folgendem immer nur der erste Fall berücksichsigt werden. In der

---

[1]) Th. H. Mac-Gillavry: *Onderzoekingen over de Hoegrootheid der Accommodatie.* Utrecht 1858.

That sind die Augen von Rollett und mir, wie oben angegeben wurde, als vollkommen gleich zu betrachten.

Von dem Bau der Augen des Beobachters hängt es dann im Allgemeinen ab, ob er das Object in grösserem oder geringerem Abstande betrachten wird; ein Myop z. B. wird ohne Rücksicht auf alles andere, blos weil er kurzsichtig ist, das Object näher halten als sein Fernpunkt ist, oder höchstens gerade so weit. Ein Emmetrop wird je nach der Grösse des Objectes dasselbe in höchst verschiedenen Entfernungen halten können; ein Hypermetrop wird mit Vorliebe grösseren Abstand wählen.

Insofern hängt für den, der mit beiden Augen sieht, die Gewohnheit eines gewissen Convergenzwinkels von der Lage seines Fernpunktes ab, der wieder durch den Bau des Auges bedingt ist.

Den gleichen Einfluss hat der Bau auf die Lage der relativen Accommodationsbreite. Ein Blick auf die Tafeln, in welchen Donders [1]) Grösse und Lage derselben bei den drei Grundtypen gesunder Augen schematisch dargestellt hat, beweist das.

Bei emmetropischen Augen liegt für grosse Convergenzwinkel — bis 35 Grad herab — die freie Accommodationsbreite von sehr geringer aber wachsender Grösse jenseits des Convergenzpunktes. Von da an besitzen die Augen für die Convergenzwinkel freie Accommodation diesseits und jenseits des Convergenzpunktes, und zwar in ziemlich gleicher Ausdehnung. — Es folgt daraus, dass emmetropische Augen für jede Entfernung der Bildebene zwischen dem Nahepunkte und Fernpunkte durch Convergenz diesseits oder jenseits der Bildebene stereoskopisch sehen können. Es wird ihnen aber schwer werden, bei grosser Nähe der Bildebene sowohl vor als hinter der Bildebene den entsprechenden Kreuzungspunkt der Sehlinien zu finden, weil der Spielraum der Accommodation für diese Convergengrade sehr gering ist, und er wird ausserdem lieber Convergenz hinter der Bildebene wählen, weil er nicht gewohnt ist, hohe Convergengrade seiner Sehlinien festzuhalten.

Für die niederen Convergenzwinkel liegt im Bau seiner Augen

---

[1]) Archiv für Ophthalmologie. Bd. IV, Abth. I, p. 86.

keine Schwierigkeit, auf beide Weisen stereoskopisch zu sehen. Es wird von der Gewöhnung und von anderen Momenten abhängen, ob er höhere oder geringere Convergenzgrade wählt.

Für den Myopen fällt das erste Stück viel kürzer aus. Fast von seinem Nahepunkte ab liegt seine freie Accommodation auf beiden Seiten des Kreuzungspunktes. Für niedere Grade des Convergenzwinkels — von 25 Grad etwa abwärts — kann er natürlich nur für näher gelegene Objecte accommodiren. — Würde er im Stande sein, eben so leicht seine Sehlinien dem Parallelismus zu nähern, wie er sie unter Winkeln von 60—30 Graden festhält, so würde im Bau der Augen keine Veranlassung liegen, mit Vorliebe die Convergenz vor oder hinter der Bildebene zu wählen. Myopen halten daher in der Regel das Oject nahe ihrem Fernpunkt und convergiren vor demselben.

Es ist mir wiederholt vorgekommen, dass Kurzsichtige ein stereoskopisches Bild ohne Stereoskop für einen Kegel erklärten, welches ein Normalsichtiger mit derselben Hartnäckigkeit für einen Trichter ansah. Den erstern konnte man leicht davon überzeugen, dass der Kegel auch als Trichter gesehen werden könnte. Ich legte einfach die Zeichnung in ein Stereoskop, während der Normalsichtige erst durch Uebung und Fixiren eines vor die Bildebene gehaltenen kleinen Gegenstandes einen Kegel zu sehen vermochte.

Nur wenn ein Kurzsichtiger Brillen trug und zu tragen gewohnt war, ward ihm ein Convergiren hinter der Bildebene leichter.

Hypermetropische Augen vermeiden grosse Convergenzwinkel, wo sie können. Ihre freie Accommodation liegt bis auf sehr geringe Convergenzwinkel hinter dem Kreuzungspunkte und hat eine sehr geringe Grösse. Es wird also von der Grösse des Objects abhängen, ob der Hypermetrop es nahe oder ferne hält. Ist er gezwungen, es nahe zu halten, wird ihm ein Convergiren hinter der Bildebene und ein Aufsuchen desjenigen Punktes, für welchen seine Accommodationsbreite in die Bildebene fällt, unverhältnissmässig leichter fallen, als wenn er vor dem Objecte die Sehlinien sich kreuzen liesse. Bei grossen Objecten, die er im Stande ist, aus grosser Entfernung deutlich zu sehen, wird ihm eine Convergenz vor der Bildebene auch nicht schwer fallen.

Es wird vielleicht Manchem schwer werden, sich diese Verhä
nisse klar vorzustellen. Es rührt dies daher, dass die relative Acco
modationsbreite ein Product der angebornen Construction des Au
und der Gewöhnung ist, die Gewohnheit aber mit grösseren od
kleineren Convergenzwinkeln zu sehen wieder bedingt wird d
den Bau des Auges oder die Lage des Nahe- und Fernpunktes.

Ehe ich die anderen Verhältnisse bespreche, welche auf
Leichtigkeit ein Sammelbild aus zwei Einzelnbildern zu erz
Einfluss haben, will ich auf eine Methode hinweisen, die re
Accommodationsbreite zu bestimmen, die eben auf dieser Fähig
beruht.

Habe ich zwei weisse stereoskopische Zeichnungen auf schwa
Grunde, so kann ich mich, wenn ich durch Convergenz hinter
Bildebene ein Sammelbild erzeugt habe, leicht überzeugen, ob
genau und scharf für die Bildebene accommodirt habe oder n
Entferne ich in jeder Hälfte der Zeichnung an einer ganz klei
Stelle die schwarze Farbe, so dass das weisse Papier zu Tage t
so habe ich an den Contouren dieser Stelle ein scharfes Ur
darüber, ob ich diese von Farbe entblösste Stelle genau sehe.
nun beide Stellen so gewählt, dass sie im Sammelbild nicht
einander fallen, so kann ich mir Rechenschaft geben, ob wirklich
Momente, wo ich das Sammelbild habe, beide Augen genau für
Entfernung der Bildebene accommodirt sind. So gut, wie bl
weisse Figuren auf schwarzem Grunde, kann ich auch schw
(Buchstaben etwa) auf weissem Grunde in zwei gleich grosse
Deckung zu bringende Kreise an nicht entsprechenden Stellen
bringen. Richte ich mich nun so ein, dass ich bei festzuhalte
Convergenz die Zeichnungen in der Richtung der Sehlinien gl
zeitig den Augen nähere oder von ihnen entferne, so kann ich g
messen, wie weit vor dem Kreuzungspunkte der Sehachsen ich n
genau accommodiren kann. Taf. II, Fig 4 soll veranschaulichen,
es möglich wäre, einen gewählten Convergenzgrad festzuhalten
gleichzeitig vor und hinter demselben die zur Deckung zu bring
Kreise vom Auge zu entfernen und ihm zu nähern. Ich habe bi
keinen Apparat, nach diesem Principe construirt, angewendet, g

aber, dass die Mittheilung dieses Principes vielleicht einem oder dem anderen von Interesse ist.

M ist eine horizontale Holztafel, auf welcher bei *A* und *B* zwei Stäbe *AC* und *BD* so angebracht sind, dass sie um einen verticalen Zapfen drehbar sind. Der eine Stab liegt bei *E* über dem andern und ist durch einen beide Stäbe durchbohrenden Draht, dessen freies Ende senkrecht nach oben steht, festzustellen. Unten endigt der Draht in einem Holzstück, das in einer senkrechten Spalte *FG* der Holztafel in einem Falze verschiebbar ist. *AB* ist die Entfernung der Augendrehpunkte des Beobachters, und die Spalte *FG* verläuft in der Richtung der Medianebene. Auf jedem der vierkantigen Stäbe verläuft nun eine Hülse, welche oben an einem Stabe die Hälfte einer stereoskopischen Zeichnung oder einen von den zwei gleichen Kreisen trägt, in dem die oben besprochenen Marken angebracht sind. Legt man nun in den Ausschnitt *H* sein Kinn und sind die Verhältnisse so gewählt, dass sich *A* und *B* senkrecht unter den Augendrehpunkten befinden, so kann man bei den verschiedensten Einstellungen der beiden Stäbe die senkrechte Nadel in *E* fixiren und nun *J* und *K* oder *L* und *N* beliebig verschieben, d. h. den Augen nähern oder von ihnen entfernen, immer wird man von den Kreisen ein Sammelbild in *E* sehen. L und *N* würden die Nadel in *E* verdecken; es würde daher passend sein, die vor dem Convergenzpunkt gelegenen Zeichnungen mit schwarzer Farbe auf Glastäfelchen anzubringen, damit man sich jeden Augenblick überzeugen kann, ob man die Nadel in *E* genau fixirt. Von der Grösse der Dimensionen, in denen der Apparat ausgeführt ist, hängt es dann ab, wie klein ich die Convergenzwinkel machen kann.

Auf diese Weise können nur Personen, die in physiologischen Versuchen bewandert sind, ihre relative Accommodationsbreite messen. Eine nicht unbedeutende Sicherheit im Urtheil ist aber auch bei der Methode von Donders nothwendig, und die meinige hat den Vortheil, dass keine Prismen und Gläser dabei angewendet werden.

Ich habe bisher ein Moment ausser Acht gelassen, welches in manchen Fällen es geradezu unmöglich macht, durch Convergenz hinter der Bildebene ein Sammelbild zu Stande zu bringen.

Erst als ich mir durch die im Abschnitt III zu erwähnenden Methoden schon eine ziemliche Fertigkeit erworben hatte, willkürlich meine Gesichtslinien divergiren zu lassen, verfiel ich darauf, den Abstand der jetzt so häufig im Handel vorkommenden stereoskopischen Bilder zu messen. Ich fand denselben bei vielen grösser — bis 73 Millim. — als den Abstand der Drehpunkte der Augen. Es liegt auf der Hand, dass derartige Bilder nur durch Convergenz vor der Bildebene zur Deckung gebracht werden können. Durch Convergenz der Sehlinien hinter der Bildebene ein Sammelbild zu erzeugen, ist eben in allen den Fällen einfach nicht möglich, in denen die beiden Hälften der Zeichnung entweder gerade so weit von einander entfernt sind, wie die Augendrehpunkte, oder weiter. Ueberhaupt muss das Verhältniss beider Abstände bei der Beurtheilung jedes einzelnen Falles wohl berücksichtigt werden. Es würde zu weit führen, alle Combinationen mit den verschiedenen früher besprochenen Fällen anzuführen. Es genügt schon die einfache Hinweisung auf die grosse individuelle Verschiedenheit im Bau des Kopfes, indem bei Rollett und mir bei übrigens fast gleichen Augen der Abstand der Augendrehpunkte um 5 Millim. differirt. — *R* 63 Millim., *B* 68 Millim. Es könnte beispielsweise mir leicht werden, von zwei um 64 Millim. entfernten Kreuzen ein Sammelbild durch Convergenz hinter der Bildebene zu Stande zu bringen, während es Rollett unmöglich ist, weil der Abstand seiner Drehpunkte nur 63 Millim. beträgt.

Es ist vielleicht nicht überflüssig, ausdrücklich zu erwähnen, dass der Abstand der Bilder und der Augen, sowie das Verhältniss beider gar nicht in Betracht kommt, wenn der Kreuzungspunkt der Sehlinien vor dem Objecte liegt.

Fasse ich das Ganze zusammen, so ergiebt sich, dass, Gesundheit der Augenmuskeln und geistiges Urtheil gleichgesetzt, der Grund der Verschiedenheit, warum die einen leichter gleichseitige, die anderen leichter ungleichseitige Doppelbilder zur Deckung bringen, zu suchen ist: in der Verschiedenheit des Baues der Augen — ob sie emmetropisch, myopisch oder hypermetropisch sind, in der Gewohnheit mit grösserer oder geringerer Convergenz der Sehlinien zu sehen, und besonders in dem Verhältnisse zwischen dem Abstande der Drehpunkte

der Augen und dem Abstande der zur Deckung zu bringenden Gegenstände von einander.

Endlich resultirt noch daraus die Nothwendigkeit, dass jeder, welcher Beobachtungen über binoculäres Sehen veröffentlicht, von jetzt an diese Daten an der Spitze seiner Arbeit mittheilt.

III. Ueber stereoskopisches Sehen bei divergenten Sehlinien.

Nachdem die Abhängigkeit unseres Urtheils über Grösse und Entfernung eines mit beiden Augen gesehenen Körpers von dem Convergenzwinkel der Sehlinien ausser Zweifel gestellt war, schien die Untersuchung Interesse zu bieten, wie sich das Urtheil über Grösse und Entfernung bei divergirenden Sehlinien verhalte.

Zunächst handelte es sich darum, Methoden ausfindig zu machen, durch die es möglich wäre, die Sehlinien willkürlich divergiren zu lassen. Ein Theil der gewonnenen Resultate ist schon sub I mitgetheilt worden. Ich will hier zuerst die Methoden beschreiben, die zum Ziele geführt haben, und dann die Resultate, welche das Vereinigen stereoskopischer Zeichnungen bei divergirenden Sehlinien gegeben hat.

A. Methoden.

Der erstere Beobachter, welcher angiebt, dass er eine Divergenz seiner Augenachsen auf experimentellem Wege hervorgerufen habe, ist Hermann Meyer. In einem Aufsatze: Zur Lehre von der Synergie der Augenmuskeln: Poggendorff's Annalen, Bd. XXV, p. 207 (8. März 1852) theilt er mit, dass es ihm gelang, mit Hülfe eines in demselben Bande beschriebenen Stereoskopes seine Augenachsen zur Divergenz zu bringen. Der erreichte Divergenzwinkel soll 10—11° betragen haben. Doch ist in der Rechnung, auf welche sich diese Angabe stützt, die Distanz der Augendrehpunkte zu 50 Millim. angenommen. Bei Rollett und mir beträgt sie aber 63 Millim. und beziehungsweise 68 Millim., und bei allen von mir untersuchten Personen fand ich sie nur bei Kindern unter vier Jahren von so geringer Grösse. Darnach wäre also diese Angabe zu corrigiren. Eine Anwendung auf das binoculäre Sehen hat Meyer von diesen Versuchen nicht gemacht.

In derselben Zeitschrift, März 1854, Bd. XXIX, p. 350 findet sich eine Notiz von Rollmann, dass er durch Ziehen an den äusseren Augenwinkeln die Convergenzwinkel seiner Augenachsen zu verändern wusste. Ob er es auf diese mir verständlich gewordene Weise zu einer Divergenz der Gesichtslinien gebracht habe, geht nicht daraus hervor.

Ohne Hilfe eines Stereoskopes hat zuerst Czermak: „Physiologische Studien", Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften, Bd. XII, p. 344 (9. März 1854), die Augenachsen willkürlich divergiren lassen. Seine Methode möge dort nachgelesen werden.

Während der hier mitgetheilten Untersuchungen dienten folgende Methoden, nicht allein die Sehlinien überhaupt divergiren zu lassen, sondern eine solche Uebung darin zu erlangen, dass Versuche mit divergenten Sehlinien angestellt werden konnten.

1. *Durch Anwendung von Prismen.*

Hält man sich vor beide Augen schwache Prismen mit dem brechenden Winkel nach aussen, während man einen unendlich entfernten Gegenstand, etwa eine Wolke, einen Stern oder am besten den Mond betrachtet, so müssen, da die Gesichtslinien vorher parallel standen, die beiden Bilder des Mondes nach innen von der *Macula lutea*, also auf nicht identische Stellen der Netzhäute fallen. Man erhält gleichnamige Doppelbilder, wie bei Lähmung eines *Musculus rectus internus*.

Bei schwachen Prismen — etwa von 1° brechenden Winkel — fallen die Doppelbilder so nahe der *Macula lutea*, dass ein lebhaftes Bestreben auftritt, diesen, wie bekannt, sehr lästigen Eindruck zu vermeiden. Durch den unangenehmen Eindruck wird eine Art von Reflexcontraction in den beiden *M. rectis externis* hervorgerufen, durch welche die Bulbi so weit nach aussen gedreht werden, dass die Bilder der beiderseits auf die *Macula lutea* fallen, und der Mond nun wieder einfach gesehen wird.

Die Thatsache, dass nahezu auf identische Netzhautstellen geworfene Doppelbilder dem Sensorium unerträglich sind und um jeden Preis zu vermeiden gesucht werden, ist den Augenärzten wohl bekannt. Sie erklären dadurch sowohl das Auftreten eines bleibenden Strabismus in Folge von Lähmung irgend eines *Musculus rectus*,

sie anderer Seits die Thatsache benutzen, um einmal bestehenden Strabismus zu heilen. Indem sie nämlich weit aus einander fallende Doppelbilder durch Prismen der *Macula lutea* nähern, suchen sie jenen lästigen Eindruck wieder hervorzurufen, damit dieser den lange unthätigen Muskel zur Contraction reize und dadurch die Bilder wieder beiderseits auf die *Macula lutea* zu liegen kommen. Durch Wiederholung dieser geringen Kraftanstrengung soll der Muskel durch Gymnastik gestärkt werden. Wird dann von starken zu immer schwächeren Prismen übergegangen, so wird dem Muskel nach Maassgabe der gewonnenen Kräftigung eine immer grössere Anstrengung aufgeladen, bis er endlich auch ohne Hülfe von Prismen die Sehlinien wieder parallel stellen und convergiren lassen kann.

Ich bin umgekehrt von schwachen zu immer stärkeren Prismen übergegangen, und habe es endlich dahin gebracht, trotz Vorhalten von Prismen mit 10° brechendem Winkel und dem brechenden Winkel nach aussen den Mond einfach zu sehen.

Dass aber wirklich die Gesichtslinien divergirten, bewies mir der Umstand, dass ich im Augenblicke, wo ich die Prismen entfernte, *gekreuzte, ungleichnamige* Doppelbilder vom Monde hatte, und es mir erst nach einer messbaren Zeit gelang, den Mond mit parallelen Gesichtslinien wieder einfach zu sehen.

Da mir der Brechungsindex des Glases, aus dem die Prismen verfertigt sind, nicht bekannt ist, kann ich den Grad der Divergenz nicht angeben, und da es für meine Untersuchungen nicht von Interesse war, den Divergenzwinkel genau zu kennen, so habe ich den Brechungsindex auch nicht bestimmt.

Kann man einmal beim Ansehen unendlich entfernter Gegenstände divergiren, so kann man die Divergenz auch steigern, indem man von unendlich entfernten zu entfernten irdischen Gegenständen übergeht, also z. B. wenn man statt des Mondes kleine, scheinbar ruhig stehende Wolken, ferne Thurmspitzen, Schornsteine u. s. w. durch Prismen einfach zu sehen sich bemüht. Man gelangt endlich dahin, diese Versuche selbst im Zimmer anzustellen. Am besten dienen dazu hell leuchtende Objecte, wie z. B. Kerzenflammen. Je

intensiver das Licht der Doppelbilder ist, desto leicher scheinen die *M. recti externi* dem Reflexeimpulse zu folgen.

2. *Durch successives Erzeugen eines Sammelbildes von zwei immer weiter auseinander stehenden Fäden oder Zeichnungen.*

Im Vorhergehenden hat man sich durch vorgesetzte Prismen von *einem* Gegenstande zwei Bilder geschaffen, die so lange als Doppelbilder erscheinen, als dieselben auf nicht correspondirende Netzhautstellen fallen, die aber bei divergirenden Gesichtslinien beiderseits auf die *Macula lutea* gebracht werden können und dann einfach erscheinen. Man kann aber auch von Anfang an den Augen zwei und zwar entweder congruente oder stereoskopische Zeichnungen darbieten, deren Abstand von einander grösser ist, als der Abstand der Drehpunkte beider Augen. Bringt man nun die Sehlinien zum Divergiren, so entsteht in dem Momente, in welchem die Sehlinien des rechten Auges die rechte, die Sehlinie des linken die linke Zeichnung trifft, ein Sammelbild beider Objecte, während wie beim stereoskopischen Sehen mit Convergenz hinter der Bildebene seitlich zwei einfache Doppelbilder stehen.

Ich habe nun folgende zwei Methoden angewendet, die Divergenz hervorzubringen.

a) Die erste Methode ist etwas gewaltsam, führt aber sehr rasch zum Ziele. Man drücke nämlich, im Gegensatze zu Rollmann (a. a. O.), der an den Augen zieht, mit den Fingern jeder Hand das entgegengesetzte Auge nach auswärts. Mir gelingt dies am leichtesten, wenn ich die Volarfläche des ersten Daumengliedes der rechten Hand von oben an den innern Winkel des linken, den Daumen der linken Hand ebenso an den innern Winkel des rechten Auges lege und nun, die Hände und Arme über der Stirne kreuzend, einen möglichst gleichmässigen Druck nach aussen auf die Bulbi ausübe.

Sobald sich die Bulbi verschieben, erhält man von dem fixirten Gegenstande, hier den zwei Fäden oder Zeichnungen, Doppelbilder. Anfangs freilich geschieht es dabei leicht, dass sich die Doppelbilder auch der Höhe nach verschieben, und zu einander nicht mehr parallel stehen. Einerseits kann man aber geringere Grade senkrechter Verschiebung durch entsprechende Neigung des Kopfes ausgleichen, ande-

rerseits gewinnt man bald die Uebung, den Druck so gleichmässig, rein von innen nach aussen wirken zu lassen, dass man nur minutiöse Verschiebungen in senkrechter Richtung erhält.

Das Haupthinderniss, das dem Gelingen dieses Versuches im Wege steht, liegt aber darin, dass manche Individuen bei nur einigermassen starkem Druck die Fähigkeit verlieren, genau zu unterscheiden und zu accommodiren. Die Bilder werden unrein, die Gegenstände werden verzerrt, geknickt, oder es wird in einem oder dem andern Auge das Bild auch wohl ganz unterdrückt.

Je leichter das Auge ohnehin geneigt ist, einem Zuge nach aussen nachzugeben, desto leichter wird es auch einem im innern Augenwinkel angebrachten Drucke nachgeben. Der Versuch gelingt daher nicht allein um so schneller und reiner, je öfter er angestellt wird, sondern auch je mehr man die *M. recti externi* durch die anderen Methoden schon geübt hat, einem auf sie isolirten Impulse zur Contraction Folge zu leisten.

Auf diese Weise gelingt es mir noch bei sehr hohen Graden von Divergenz deutliche und brauchbare Sammelbilder zu bekommen.

b) Die jetzt zu beschreibende Methode ist die schonendste und erfordert kein Hülfsmittel, ausser eine leicht zu beschaffende Zeichnung oder zwei in gewisser Neigung aufgespannte Fäden. Man gelangt durch dieselbe vielleicht nicht zu so hohen Graden von Divergenz, wie bei der eben angegebenen; eine besonders hohe Divergenz zu erreichen, hat aber auch bisher noch kein wissenschaftliches Interesse geboten. Sie ist daher am meisten zu empfehlen.

Man stelle den Abschnitt I pag. 47 beschriebenen Apparat Fig. 1 so auf, dass die Darmsaiten zwischen Steg *B* und *C* nach unten convergiren. Der Abstand der Fäden ist unten 55 Millim., also geringer, als die Entfernung der Augendrehpunkte von einander, oben 95 Millim., also viel grösser. Diesen Fäden stelle man sich so gegenüber, dass die Medianebene die Ebene der Darmsaiten in der Mitte zwischen den Saiten schneidet. Erzeugt man sich nun von dem untersten Ende derselben durch Convergenz hinter der Bildebene ein Sammelbild, und geht dann langsam mit den Augen in die Höhe, immer das Sammelbild festhaltend, so kommen nach und nach immer

weiter von einander entfernte Punkte der Saiten zur Deckung. Nicht geübte Augen kommen natürlich bald zu einem Punkte, über den hinaus es ihnen nicht mehr gelingt, ein Sammelbild der geneigten Linien zu erzeugen. Für *alle* ungeübten Augen findet dies Statt, sobald die Sehlinien parallel stehen. Misst man den Abstand der zuletzt vereinigten Punkte der geneigten Linien, so wird man finden, dass ihr Abstand dem Abstande der Drehpunkte der Augen entspricht. Es ist aber wahrscheinlich, dass Personen, die gewohnt sind, nur bei höheren Graden von Convergenz der Sehlinien ihre Augen zu gebrauchen, also im Allgemeinen Myopen, die Grenze des Sammelbildes der Saiten schon früher erreichen, ehe ihre Sehlinien parallel stehen.

Versuchen Ungeübte das Sammelbild weiterhin festzuhalten, so treten oben die Bilder der Fäden nach verschiedenen Seiten auseinander. Bei etwaiger Unterdrückung des Bildes in einem Auge erscheint dann die Darmsaite am Ende des Sammelbildes wie geknickt; vide p. 449.

Merkt man sich den Ort der zuletzt zu einem Sammelbilde vereinigten Punkte der Saiten, so wird man nach wiederholten Versuchen wahrnehmen, dass dieselben, wenn auch langsam, weiter in die Höhe rücken. Man lernt mit den Sehlinien zu divergiren, d. h. man erlernt die *Mm. recti externi* gleichzeitig zur Contraction zu veranlassen. Der Reiz, der diese Contraction hervorruft, ist wieder der oben schon besprochene. Hier liefern die nächst höher gelegenen Punkte der Darmsaiten die nahe der *Macula lutea* liegenden Doppelbilder.

Je stärker dieser Reiz wirkt, desto erwünschter ist es für unsere Zwecke. Suchen wir ihn also zu verstärken. Dies hier durch Vermehrung der Lichtintensität zu bewirken, wird nicht leicht sein, da es umständlicher Vorrichtungen bedürfte, zwei geneigte leuchtende Linien, etwa durch Spalten in einem Schirme, hinter dem ein Licht steht, herzustellen.

Ein solches Mittel bietet sich aber darin, dass man den Augen nicht einfache Fäden, gerade Linien, sondern complicirtere Figuren, zu körperlichen Vorstellungen zu combinirende stereoskopische Zeich-

nungen gegenüberstellt. Ich habe mir zu diesem Zwecke eine Reihe ähnlicher stereoskopischer Zeichnungen construirt, deren einziger Unterschied in dem immer grösser werdenden Abstand derselben von einander besteht. Auf Tafel III ist 1 die stereoskopische Abbildung eines abgestumpften Kegels, wenn man hinter der Bildebene convergirt. Der Abstand der Mittelpunkte der grossen Kreise beträgt in ihr 48 Millim.

Die ganze Tafel ist aber so construirt, dass dieser Abstand in jeder nächst höheren Abbildung um 5 Millim. wächst. Gleichzeitig beträgt aber der Abstand der Mittelpunkte der kleinen Kreise immer um 5 Millim. weniger, als der der grossen Kreise derselben Stufe, und ist mithin genau so gross, wie der Abstand der Mittelpunkte der grossen Kreise der vorhergehenden Abbildung. Beispielsweise führe ich an, dass in Abbildung 5 der Abstand A^5 und $B^5 = 68$ Millim., von a^5 und $b^5 = 63$ Millim. ist, in Abbildung 4 aber der Abstand A^4 und B^4 auch $= 63$ Millim. Dass gerade diese Zahlen gewählt wurden, hat seinen Grund darin, dass der Abstand der Augendrehpunkte bei Rollett 63 Millim., bei mir 68 Millim. beträgt, dass also Rollett bei Fig. 4, ich bei Fig. 5 den Parallelismus unserer Sehlinien erreicht haben, wenn wir ein Sammelbild der grossen Kreise sehen.

Erzeugt man sich nun zuerst von den untersten Figuren durch Convergenz hinter der Bildebene ein Sammelbild, das den körperlichen Eindruck eines mit der Spitze nach vorne gerichteten abgestumpften Kegels macht, und geht dann zur 2., 3. u. s. w. Figur über, indem man sich bemüht, unmittelbar von einem Sammelbilde zum nächsten überzuspringen, so wird man bemerken, dass man leichter, als wenn man nur gerade Linien vor sich hat, diejenigen Figuren überschreitet, bei denen die Entstehung eines Sammelbildes parallele Sehlinien voraussetzt. Es ist mir nach wenigen Versuchen gelungen, von sämmtlichen Figuren dieser Tafel Sammelbilder zu erzeugen.

Als zusammenwirkende Momente den Reflexímpuls auf die *Mm. recti externi* zu erhöhen, sind anzusehen die Unerträglichkeit der nahe zur *Macula lutea* fallenden Doppelbilder, die hier erhöht ist

durch die complicirteren Contouren der geometrischen Figuren im Gegensatz zu den einfachen Linien, die wir oben hatten, und der eben vorher empfundene Eindruck des Körperlichen, den das Sensorium aus den durcheinander laufenden Linien der sich nicht ganz deckenden Kreise wieder hervorzubilden strebt.

Man erleichtert sich das Fortschreiten von einem Kegel zum andern, wenn man bei jedem gewonnenen Sammelbilde eine kurze Zeit stehen bleibt. Das Festhalten des Sammelbildes geschieht mit einer gewissen Gewalt, die sich am besten daraus ergiebt, dass man die Hände auslassen kann, wenn man nach der vorhergehenden Methode durch Druck auf die Bulbi ein Sammelbild erzeugt hat, ohne dass in demselben Momente die beiden zur Deckung gebrachten Doppelbilder wieder auseinander fahren.

Selbst wenn man schon eine beträchtliche Uebung mit den Augen zu divergiren sich erworben hat und man versucht, von zwei weiter als der Abstand der Augendrehpunkte von einander entfernten stereoskopischen Zeichnungen ein Sammelbild zu erzeugen, so geschieht das Auseinandertreten der Doppelbilder und das Aneinanderrücken der zur Deckung bestimmten anfangs nur langsam und schwierig. Sobald sich aber die zwei letzten mit ihren Contouren berühren, so gewinnt man ein Gefühl von Erleichterung, die Bilder schieben sich schneller über einander, bis endlich das letzte Stück förmlich wie mit einem Ruck, unwillkürlich, mit einer Art von Nöthigung und Zwang geschieht. Es ist dies ein Phänomen, welches sich bei mir auch jetzt noch jedesmal wiederholt.

Das erste Stück der Contraction, die erlernte willkürliche Muskelcontraction, geschieht mühsam; das letzte Stück, von dem man nach den Gesetzen der Physiologie erwarten sollte, dass es schwerer und langsamer erfolgte, geschieht leichter, wie spielend, weil unwillkürlich, durch Reflex.

Hat man es durch Uebung dahin gebracht mit Sicherheit, wenn auch nur einen geringen Grad von Divergenz der Sehlinien willkürkürlich zu erreichen, so giebt es noch ein anderes Mittel, diese Fähigkeit weiter auszubilden.

Je weiter man sich von einer stereoskopischen Zeichnung ent-

fernt, die nur durch Divergenz zur Vereinigung gebracht werden kann, ein desto geringerer Divergenzwinkel ist nothwendig, dass es geschieht. Verfertigt man sich also eine grosse stereoskopische Zeichnung mit deutlichen breiten Contouren, so kann man sich von derselben so weit entfernen, bis der erforderliche Divergenzwinkel nicht grösser ist, als der erlernte. Nähert man sich dann allmälig dem Objecte, indem man das Sammelbild festzuhalten sucht, so wächst der erforderliche Divergenzwinkel mit jedem Schritte und die *Mm. recti externi* sind gezwungen, sich immer mehr zu contrahiren.

Durch diese Methoden habe ich mir eine grosse Leichtigkeit erworben, meine Augen willkürlich divergiren zu lassen. Ich habe mir nicht die Mühe gegeben, den grössten Divergenzwinkel zu berechnen, den ich durch die eine oder die andere Methode erreicht habe, da es mir bisher gelungen ist, jeden erreichten Grad durch Uebung von wenigen Stunden noch zu überschreiten. Den Grund aber, dass es mir überhaupt so leicht geworden ist, sehe ich darin, dass ich, mir selber unbewusst, schon willkürlich divergiren konnte, als ich es unternahm, die Frage zu studiren, ob es überhaupt möglich sei, mit divergenten Augenachsen einfach zu sehen.

Ich habe oben angegeben, dass der Abstand vieler käuflicher stereoskopischer Abbildungen von einander grösser ist, als der Abstand der Augendrehpunkte. Unter diesen waren aber einige, von denen ich mit Bestimmtheit wusste, dass ich sie erhaben und tief gesehen hatte, d. h. durch Convergenz vor und auch, wie ich meinte, hinter der Bildebene zur Deckung gebracht hatte. Aus der Vergleichung des Abstandes meiner Augendrehpunkte mit der Distanz der entsprechenden Punkte in den beiden Hälften der Zeichnung folgte aber, dass die zweite Deckung nur möglich gewesen war durch Divergenz meiner Sehlinien.

Ich führe dies an, weil vielleicht manchem, der sich mit Divergenzversuchen beschäftigt oder damit befassen wird, es ähnlich ergehen wird, wie mir.

Am Schlusse dieses Abschnittes will ich noch einer subjectiven Erscheinung erwähnen, die ich mit meinen Divergenzversuchen in Zusammenhang bringe. Ich bemerkte nämlich mit der Zeit, als ich

mich vorzugsweise damit beschäftigte, möglichst stark zu divergiren, wenn ich las, oder auf eine Tapete oder dergleichen sah, dass bald links, bald rechts im Gesichtsfelde an einer kleinen umschriebenen Stelle das Tapetenmuster oder die Buchstaben schwankten, sich verschoben, unruhig wurden und gleichzeitig an dieser Stelle eine blendende Helle auftrat. Bei geschlossenen Augen traten in ähnlicher Weise an ebenso umschriebener, aber immer derselben Stelle zitternde Phosphene auf. Ich habe in der Beobachtung nichts auffinden können, was der Vermuthung widerspräche, dass diese Erscheinungen von einer localen Reizung derjenigen Stelle der Retina herrühren, welcher gegenüber sich *M. rectus externus* an die Sclera anschmiegt. Die ungewöhnte Verwendung der *Recti externi* würde also als Reiz auf die Retina gewirkt haben.

B. Resultate.

Im Abschnitt I wurde schon angegeben, dass ein bei divergenten Sehlinien hervorgerufenes Sammelbild zweier Fäden weiter entfernt scheine, als wenn die Sehlinien nur parallel zu sein brauchen, oder gar convergiren müssen. Das Sammelbild zweier nach oben aus einander weichender Darmsaiten setzte sich, scheinbar von bestimmter endlicher Entfernung ausgehend, in unveränderter Richtung in's Weite fort. Je weiter die zur Deckung gebrachten Punkte der Darmsaiten *re vera* auseinander lagen, desto weiter erschien dem Sensorium das Sammelbild entfernt; ohne Rücksicht darauf, ob die Sehlinien, um die Deckung hervorzubringen, convergiren oder divergiren müssten. Streng genommen, ist damit unsere Frage schon erledigt.

Die Sache erscheint jedoch, so paradox sie klingt, wichtig genug, um sie eingehender zu betrachten. Ich werde dazu die schon einmal gebrauchte und in ihrer Einrichtung oben erklärte Tafel III, die ich die Kegelscala nennen will, benützen.

1. Constatiren wir zuerst das Factum, dass zwei stereoskopische Zeichnungen auch dann in uns die Vorstellung eines körperlichen Gegenstandes hervorrufen, wenn wir von ihnen durch Divergenz der Sehlinien ein Sammelbild hervorbringen. Fig. 6—10 auf Taf. III, bei denen diese Bedingung erfüllt sein muss, wenn ein Sammelbild

entstehen soll, erscheinen mir als abgestumpfte Kegel mit der abgestumpften Spitze nach vorn.

Der Grund liegt in Folgendem. Convergirt man für eine dieser Figuren vor der Bildebene, so erscheint ihr Sammelbild als Hohlkegel mit der Basis nach vorn. Jede Zeichnung wird auf der ungleichnamigen *Macula lutea* abgebildet. Denken wir uns vor jedes Auge, normal auf die Sehlinie, eine Glasplatte, wie sie Leonardo da Vinci in die Lehre von der Perspective eingeführt hat, während wir einen wirklichen Hohlkegel ansehen, so würden die Durchschnittspunkte der Projectionslinien mit der rechten Glasplatte eine Projection des Hohlkegels ergeben, die der linken Seite der Figur entspricht, auf der linken Glastafel erschiene eine Projection, die der rechten Seite der Figur ähnlich ist.

Gerade das Umgekehrte tritt ein, wenn ich für eine der Figuren 1—4 hinter der Bildebene convergire und ein Sammelbild erhalte. Dann wird die rechte Seite der Figur auf der rechten *Macula lutea*, die linke Seite auf der linken *Macula lutea* abgebildet.

Ich glaube also im ersten Falle einen Trichter, im zweiten einen Kegel zu sehen, weil ich im ersten den entsprechenden Augen die perspectivischen Ansichten eines Trichters, im zweiten Falle die eines Kegels, darbiete.

Bei divergirenden Sehlinien findet nun dasselbe Statt, wie im zweiten Falle. Die beiden Seiten der Fig. 6—10 werden in den gleichnamigen Augen auf die *Macula lutea* fallen. Das Sensorium ignorirt es, dass ich dazu die Sehlinien divergent stellen muss, und combinirt sich aus den beiden verschiedenen Bildern die Vorstellung eines Kegels.

Das Paradoxe der ganzen Erscheinung tritt aber sogleich hervor, wenn man sich wieder auf die Glastafeln des Leonardo da Vinci bezieht. Beim stereoskopischen Sehen mit convergirenden Sehlinien erregen die an sich verschiedenen Bilder in beiden Augen die Vorstellung eines körperlichen Gegenstandes, von dem, wenn er in bestimmter Grösse und an einem ebenso bestimmten Orte im Raume wirklich vorhanden wäre, sich auf den Glastafeln zwei Projectionen ergeben würden, die mit den stereoskopischen Zeichnungen

identisch sein würden. Man kann für diesen Fall denselben Effect hervorbringen durch Substituirung der zusammenwirkenden (stereoskopischen) perspectivischen Zeichnungen durch einen reellen Körper von bestimmter Grösse an bestimmtem Orte im Raume. *Die stereoskopischen Zeichnungen sind substituirbar durch einen Körper,* wenn die Sehlinien convergiren.

Beim stereoskopischen Sehen mit divergirenden Sehlinien lassen sich die stereoskopischen Zeichnungen nicht durch einen reellen Körper ersetzen. In diesem Falle hören die Zeichnungen, welche eine stereoskopische Wirkung hervorrufen, auf, Projectionen zu sein. Ich kann mir weder einen Körper denken von bestimmter Gestalt, noch seine Grösse berechnen, noch den Ort ausfindig machen, an den ich ihn stellte, dass von ihm auf den Glastafeln Leonardo's sich zusammengehörige Projectionen entwerfen würden, welche den gegebenen Zeichnungen entsprächen.

Wenn das Sammelbild durch Divergenz der Sehlinien entstehen muss, *sind die den stereoskopischen Effect hervorbringenden Zeichnungen nicht substituirbar durch einen Körper.*

2. Bleibt man nicht, wie im vorhergehenden Falle, bei einer oder der andern Zeichnung, sondern lässt man den Blick von unten nach oben und von oben nach unten die Scala durchwandern, indem man immer sich bemüht, das in der Mitte stehende Sammelbild festzuhalten, so gelingt es bald, ohne Unterbrechung von Kegel zu Kegel fortzuschreiten. Der allgemeine Eindruck ist der, dass man in wenig Augenblicken in ungeheure Fernen sich vertieft und eben so spielend und rasch zu unserer kleinen Endlichkeit zurückkehrt. Natürlich erscheinen die ferner liegenden Kegel grösser, als die näheren, und gebraucht man zu dem Versuche eine Kegelscala, die mit schwarzen Contouren auf Glas gezeichnet ist, so nimmt die Grösse der einzelnen Kegel durch den Vergleich mit fernen endlichen Gegenständen, die man durch das Glas hindurch sieht, bei wiederholtem Auf- und Absteigen in's Ungeheure zu. Der Versuch ist in dieser Form so schön, dass diese kleine Abschweifung entschuldigt werden möge.

Analysirt man die Erscheinung unter Anwendung der auf Papier

gezeichneten Kegelscala, bei welcher der Vergleich mit der uns umgebenden Welt ausfällt, so bemerkt man dabei Folgendes:

a) Das Sammelbild — der Kegel — der Fig. 1 ist grösser, als die zur Seite stehenden Doppelbilder und liegt weiter vom Auge entfernt, als diese.

b) Jedes höher stehende Sammelbild — Kegel — erscheint grösser, als das vorhergehende, und scheint entfernter zu liegen, als das vorhergehende.

c) Man unterscheidet genau, dass immer der kleine Kreis des zunächst höher stehenden Sammelbildes in einer Ebene, in gleicher Entfernung vom Auge, mit dem grossen Kreise des zunächst tiefer stehenden Kegels sich befindet; und man erkennt ebenso unzweifelhaft, dass in jedem Sammelbilde der relative Abstand der Basis des Kegels — des grossen Kreises — von der abgestumpften Spitze — dem kleinen Kreise — von unten nach oben zu stetig wächst.

d) Man hat durchaus kein Bewusstsein oder Gefühl davon, bei welchem Sammelbilde man den Parallelismus der Sehlinien erreicht hat, und wo die Divergenz beginnt.

Alle Erscheinungen sind mit einem Worte gerade so, als hätte man dieselbe Tafel in kleinerem Massstabe vor sich, wo der Abstand der Mittelpunkte der grossen Kreise den Abstand der Augendrehpunkte nicht erreichte.

Die unter *c* angegebene Erscheinung erklärt sich aus der bekannten Einrichtung der Figur, indem man, da die Mittelpunkte der kleinen Kreise der zunächst höher stehenden Figur genau denselben Abstand von einander haben, wie die Mittelpunkte der grossen Kreise der darunter stehenden, denselben Con- oder Divergenzgrad nöthig hat, um beide zur Deckung zu bringen.

Alle anderen Erscheinungen sind für convergente Sehlinien schon bekannt. Sie wurden hier nur ausdrücklich hervorgerufen, weil es sich darum handelte, festzustellen, dass sie bei stereoskopischem Sehen mit divergenten Sehlinien ebenfalls stattfinden.

So wenig man sich entschieden bewusst wird, wann der scheinbare Ort des Sammelbildes die Unendlichkeit erreicht, in unendlicher

Entfernung sich befindet, ebenso wenig drängt sich irgend eine Vorstellung von besonderer Grösse des Sammelbildes auf.

Ich urtheile mit grosser Sicherheit, dass jeder folgende Kegel grösser erscheint, als der vorhergehende, aber nie erscheint mir ein einzelner, auch bei noch so divergenten Sehlinien besonders gross, so lange ich nicht die Kegelscala auf Glas zur Hand nehme, und dadurch einen Vergleich mit bekannten endlich grossen Gegenständen in bekannten Entfernungen ermögliche. Unsere Vorstellung von der Grösse eines Gegenstandes ist ein Product aus der Flächenausbreitung des Netzhautbildes und der Vorstellung über die Entfernung des Gegenstandes. Der Ausblick in weite Entfernungen wird aber beim angeführten Versuch durch die Vorstellung von dem nahe gehaltenen undurchsichtigen Papier psychisch compensirt.

Damit hängt zusammen, dass unter Anwendung der auf Glas gezeichneten Kegelsclala der scheinbare Grössenunterschied der Kegel sich präciser dem Bewusstsein aufdrängt, je länger ich sie betrachte, je mehr ich endlich entfernte Gegenstände mit den Kegeln vergleiche, je häufiger ich die Scala hinauf- und herabsteige. Je länger ich das thue, desto schärfer wird mein Urtheil über die Entfernung.

3. Ein Urtheil über Entfernung, über Tiefendistanz, über die dritte Dimension bleibt uns aber auch bei divergenten Sehlinien.

Divergenz der Sehlinien ist bedingt durch eine Contraction der *M. recti externi*, der Grad der Con- und Divergenz hängt ab von dem Grade der Contraction der *M. recti externi* und ihrer Antagonisten der Interni.

Die Zusammengehörigkeit dieser Muskeln ist eine doppelte. Bei seitlichen Augenbewegungen sind der *M. rectus externus* des einen und der *M. rectus externus* des anderen Auges associirte Muskeln, die beiden anderen ihre Antagonisten. Durchläuft der Blick hinter einander liegende Punkte der Medianebene, so sind die *M. recti externi* associirt und die unter sich synergisch wirkenden *M. recti externi* ihre Antagonisten.

Während also die *M. recti superiores* und *inferiores* immer in

derselben Association zum Messen der Höhendimension verwandt werden, haben die Interni und Externi in wechselnder Combination ihrer Wirkung die doppelte Aufgabe Rechenschaft zu geben: 1. von der seitlichen Dimension und 2. von der Tiefendistanz.

Man hat die Mitwirkung der *M. recti externi* bei der Veränderung der Convergenz der Sehlinien im Vergleich mit den *M. rectis internis* bisher vielleicht zu gering angeschlagen. Wenn man aber bedenkt, dass die Führung je einer Augenachse in der Visirebene nur durch eine Wechselwirkung beider Muskeln möglich ist, so wird auch klar, dass ein Aufhören in der Contraction eines Internus so lange noch keine Veränderung in der Stellung des Bulbus hervorbringen wird, als nicht der entsprechende Externus in Activität tritt.

Nehmen wir nun den Fall, dass die Sehlinien beider Augen von einem hohen Convergenzgrade allmälig, aber stetig zu immer geringeren, dann in den Parallelismus und endlich zu schwächeren und immer höheren Divergenzgraden übergehen, so haben wir es bei dem ganzen Vorgange mit nichts anderem, als mit einer stetig zunehmenden Contraction der *M. recti externi* zu thun. Ich betone ausdrücklich, dass nicht blos Divergenz der Sehachsen durch gleichzeitige Contraction der *M. recti externi* hervorgerufen wird, sondern das auch jedesmal, wenn die Augen aus einem höheren in einen geringeren Convergenzwinkel übergehen, dies eine Wirkung der Externi ist, während jedes Heranrücken des Convergenzpunktes an die Grundlinie durch die Interni bewirkt wird.

Kann man sich da wundern, dass die Art der Vorstellung, welche mit einem Wechseln der Convergenz der Sehlinien verbunden ist, sich gleich bleibt, wenn durch künstlich geschaffene Verhältnisse die *M. recti externi* gleichzeitig zu stärkerer Contraction veranlasst werden, als unter normalen Verhältnissen je von ihnen verlangt wird?

4. Ich will nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, in wie hohem Grade die Kegelscala den natürlichen Verhältnissen nicht entspricht. Eine richtige stereoskopische Zeichnung trägt in sich schon die Amplitude der Convergenzwinkel, unter denen sie allein angesehen werden darf, um als stereoskopischen Effect den Körper zu

geben, aus dessen Projectionen sie besteht. Die Projectionen sind unter einem bestimmten Winkel aufgenommen, unter demselben Winkel müssen sich die Sehlinien im Mittelpunkte des Sammelbildes schneiden, um den ursprünglichen körperlichen Effect zu reproduciren. Für alle verschiedenen Augenstellungen und Objectabstände muss also von demselben Gegenstande je einem Auge eine andere Zeichnung vorgelegt werden.

Schon Wheatstone macht in seinem ersten Aufsatze (Poggendorff's Annalen, I. Supl. Bd.) darauf aufmerksam, dass von einem unendlich entfernten Gegenstande die Projectionen für beide Augen gleich ausfallen müssen. Aus unendlicher Entfernung sieht man einen Würfel mit jedem Auge als Quadrat. In der Wirklichkeit hört also bei unendlich entfernten Gegenständen die Schätzung einer Tiefendistanz auf binoculärem Wege auf.

In der Kegelscala dagegen biete ich für alle verschiedenen Con- und Divergenzwinkel den Augen immer dieselben Zeichnungen. Was geschieht? Die beiden Kreise werden nie zu derselben Zeit zur Deckung gebracht, die kleinen immer bei grösserer Convergenz oder geringerer Divergenz, als die grossen. Man erhält also nothwendiger Weise eine Vorstellung von einem Tiefenabstande zwischen den Sammelbildern der kleinen und der grossen Kreise, auch wird der relative Abstand beider Sammelbilder mit Abnahme der Convergenz und Zunahme der Divergenz (v. Abschnitt I, pag. 448) grösser. Ich habe immer die Vorstellung, als ob ich irgendwo ausser mir einen Körper von einer bestimmten scheinbaren Grösse sähe. Ich unterscheide, dass das eine Sammelbild vor dem andern liegt. Da aber unter allen Zeichnungen keine einzige ist, die als Projection eines unendlich entfernten Kegels gelten könnte, so habe ich, wenn ich nicht, wie bei der Scala auf Glas, mit endlichen Entfernungen vergleiche, keine Ahnung, dass der scheinbare Ort des Sammelbildes der Fig. 5 in der Unendlichkeit liege.

Man sieht, dass wir es hier mit wesentlich anderen Verhältnissen zu thun haben, als bei dem im ersten Abschnitte mitgetheilten Versuche mit den geneigten Fäden. Dort, wo es sich darum handelte, Reihen von Punkten, eben die Fäden, zur Deckung zu bringen, und

den Ort anzugeben, an welchen wir das Sammelbild je zweier versetzen, konnte man durch Vergleichung mit endlich entfernten Gegenständen unwiderlegliche Beweise herleiten für den Satz, dass das Sensorium ein Sammelbild an den Ort versetzt, in welchem die Sehlinien convergiren. Hier haben wir es mit lauter der Erfahrung nicht entsprechenden, stereoskopisch gesehenen Körpern zu thun, und können, glaube ich, diese paradoxen Erscheinungen dazu benützen, den Satz auszusprechen, *dass überhaupt und allgemein die dritte Dimension zum Bewusstsein kömmt, sobald sich entweder die M. recti interni oder die M. recti externi synergisch und die einen als Antagonisten der anderen contrahiren.*

XXI.

Das Myochronoskop.

Von

Professor **Joh. Czermak** in Prag [1]).

Mit dem Namen „Myochronoskop“ will ich einen Apparat bezeichnen, welchen ich ersonnen habe, um *verschwindend kleine Zeitintervalle,* zwischen zwei rasch auf einander folgenden Muskelzuckungen, so wie die *Reihenfolge,* in welcher die Muskeln zucken, sicher und sehr augenfällig wahrnehmbar zu machen.

Ich hatte dabei zunächst nur eine *Demonstration* der von Helmholtz gemessenen endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung vor einem grösseren akademischen Auditorium im Sinne, für welche sich die Helmholtz'schen Apparate bekanntlich nicht recht eignen; doch kann das Myochronoskop und das Princip, auf dem es beruht, offenbar noch zu vielen anderen demonstrativen Zwecken benützt werden [2]), und es empfiehlt sich deshalb jedem Lehrer der Experimental-Physiologie.

---

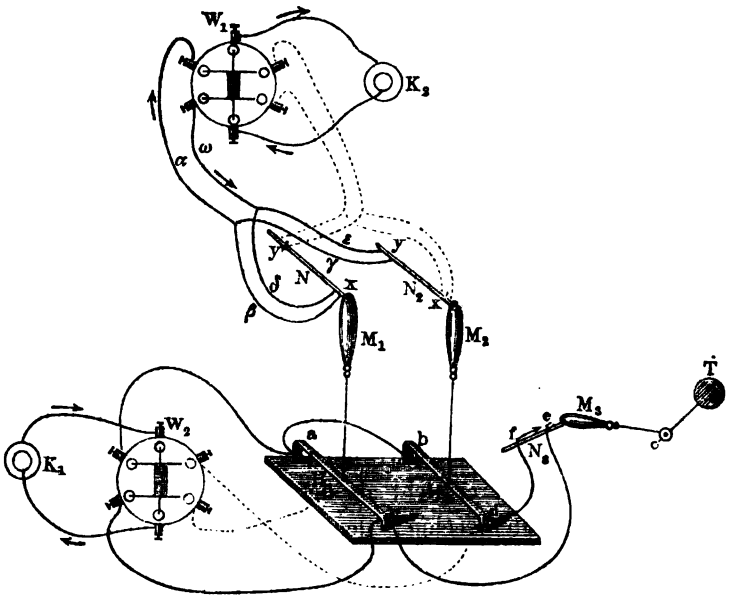
[1]) Aus den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften, vom Hrn. Verfasser mitgetheilt.

[2]) So z. B. zur Demonstration der von Bezold nachgewiesenen Veränderungen der Nervenleitungsgeschwindigkeit im Elektrotonus — sowohl hinsichtlich der zeitlichen Verhältnisse der Uebertragung von Querschnitt zu Querschnitt als hinsichtlich der Probe auf die Pflüger'sche Theorie der elektrischen Reizung und das Zuckungsgesetz, u. dgl.

Um die zu demonstrirenden Erscheinungen weithin sichtbar zu machen, bediente ich mich des elektrischen Stromes und seiner Wirkung auf den sogenannten Muskeltelegraphen von Du Bois.

Zur Erläuterung des Princips meiner Vorrichtung dient der beigedruckte Holzschnitt Fig. 1.

Fig. 1.



M_1 M_2 sind die beiden vermittelst der Oberschenkelknochen in Klemmen befestigten Wadenmuskeln eines und desselben Frosches mit ihren möglichst lang erhaltenen Nerven N_1 N_2; an der Sehne jedes Muskels hängt ein einarmiger metallener Hebel H_1 H_2. Diese Hebel stehen mit ihren Achsenlagern a und b, und mit den Punkten c und d in leitendem Contact und sind somit integrirende Bestandtheile der verzweigten Leitung für den Strom der Säule K_1, welchen ich fortan den chronoskopischen nennen will. Zwischen die Punkte e und f dieser Leitung ist der Nerv N_3 des mit dem Du Bois'schen Telegraphenfähnchen T verbundenen stromprüfenden Froschmuskels M_3 eingeschaltet. Der Hebel H_1 bildet, solange der Contact bei c be-

steht, eine gut leitende Nebenschliessung für die übrige grosse Widerstände [1]) darbietende Leitung *(a, b, d, f, e, c)*, so dass durch diese letztere nur ein völlig wirkungsloser Minimalzweigstrom geht, welcher jedoch sofort mächtig anschwillt und den Muskeltelegraphen M_3 T in Bewegung setzt, wenn der Contact bei c durch Hebung des Hebels H_1 unterbrochen wird, während der Contact bei d noch fortbesteht.

Ist dagegen der Contact bei d durch Hebung des Hebels H_2 gleichzeitig oder früher als jener bei c unterbrochen worden, so bleibt das Muskeltelegraphensignal aus.

Die Hebung und Senkung der Hebel, die Unterbrechung und Wiederherstellung der Contacte bei c und d wird durch die Zuckungen der Wadenmuskeln bewerkstelligt, und es ist nun leicht ersichtlich, auf welche Weise mein Apparat anzeigt, ob die beiden Wadenmuskeln gleichzeitig oder ungleichzeitig gezuckt haben, und in letzterem Falle, welcher von ihnen früher, welcher später gezuckt hat.

a) Giebt der Muskeltelegraph bei der Unterbrechung der Contacte bei c und d ein Signal, welches bei der Wiederherstellung der Contacte ausbleibt, so hat sich der Muskel M_1 merklich früher zusammengezogen und früher (oder gleichzeitig) seine ursprüngliche Länge wieder erreicht als der Muskel M_2.

b) Tritt bei der Unterbrechung der Contacte in c und d kein Signal des Muskeltelegraphen ein, erscheint es jedoch bei der Wiederherstellung der Contacte, so hat sich der Muskel M_2 jedenfalls früher verlängert, und früher (oder gleichzeitig) zusammengezogen als der Muskel M_1.

c) Kommt endlich weder bei der Oeffnung noch bei der Schliessung der Contacte in c und d ein Signal zu Stande, so haben beide Muskeln entweder ganz gleichzeitig gezuckt, oder M_2 hat sich früher zusammengezogen als M_1, M_1 früher wieder verlängert als M_2.

Da es uns vorläufig nicht darauf ankam, den zeitlichen Verlauf

---

[1]) Diese Widerstände schaltet man am besten in die Leitung zwischen die Achsenlager *a* und *b* ein.

der ganzen Zuckung der beiden Muskeln mit einander zu vergleichen, sondern lediglich darauf, die Zeitdifferenz sichtbar zu machen, welche zwischen dem *Beginne* der Zusammenziehungen als eine unmittelbare Folge der *endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung* eintreten soll, so wurden folgende Anordnungen getroffen.

Erstlich habe ich dafür gesorgt, dass *ausschliesslich* der Erfolg der Unterbrechungen der Contacte bei *c* und *d*, welche mit dem Beginne der Zuckungen zusammenfallen, in Erscheinung treten kann. Die Leitung des chronoskopischen Stromes wurde nämlich immer schon früher *bleibend* unterbrochen, ehe sich die Contacte durch die Verlängerung der Muskeln wieder herstellen konnten.

Die Anwendung des bekannten sinnreichen Helmholtz'schen Verfahrens mit dem Quecksilbertropfen erschien mir etwas umständlich. Ich kam dafür auf den einfachen Gedanken ein empfindliches Telegraphenrelais in die Hauptleitung des chronoskopischen Stromes auf eine solche Art einzuschalten, dass, wenn der Anker auf den Eisenkern niedergedrückt wird, sich bei *m*, Fig. 2, der Contact herstellt und der Strom durch den Hebel in die Drahtrolle des Elektromagneten geht. Der Anker haftet dann fest und die Leitung bleibt so lange geschlossen als der Strom kreist. Wird der Strom an irgend einer Stelle seiner Leitung (in unserem Falle erst nach Aufhebung der Contacte an den beiden Punkten *c* und *d*) unterbrochen, so springt der Anker ab, der Contact bei *m* wird aufgehoben, und die Leitung bleibt so lange unterbrochen, als man den Anker nicht selbst wieder herabdrückt.

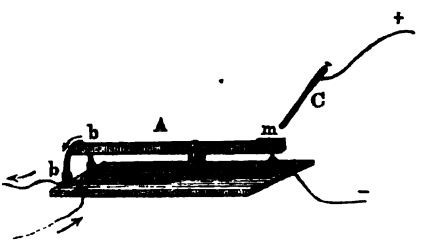
Fig. 2.

Bei der feinen Einstellbarkeit des Relais hat man es ganz in seiner Gewalt zu bewirken, dass der Anker weder zu früh noch zu spät abspringt.

Da aber nicht jedem Experimentator das kostspielige Relais zu Gebote steht, so war ich darauf bedacht, dasselbe durch eine Art Schlüssel zu ersetzen, den man nicht leicht selbst herstellen kann. Derselbe ist eine Modification der bekannten Helmholtz'schen Wippe. Der horizontale, leicht in seinen Achsenlagern drehbare Balken

A, Fig. 3, trägt an seinem längeren Ende einen Bügel von Kupferdraht *b b*, dessen Spitzen in zwei Quecksilbernäpfchen $n n_1$ tauchen und die Leitung des chronoskopischen Stromes schliessen; an seinem kürzerem Ende befindet sich eine Metallplatte *m*, welche sich in einen Stift fortsetzt, der eine immerwährende leitende Verbindung mit dem Quecksilbernäpfchen n_2 unterhält. Wird nun das Contactstäbcheu *C* kräftig auf die Platte *m* niedergestossen, so wird die Leitung des die Nerven reizenden Stromes geschlossen; das kürzere Balkenende senkt, das längere hebt sich und die Leitung des chronoskopischen Stromes wird durch das Herausreissen des Bügels aus den Näpfchen $n n_1$ merklich *später* geöffnet als die beiden Muskeln zucken. Je nachdem man nun langsamer oder rascher den Balken durch das Aufsetzen des Contactstäbchens aus der Gleichgewichtslage bringt, während der Bügel tiefer oder seichter in die Näpfchen getaucht war, tritt die Unterbrechung des chronoskopischen Stromes später oder früher nach der Zuckung der beiden Muskeln ein. Man hat es natürlich so anzuordnen, dass der Bügel immer schon aus den Näpfchen herausgerissen ist, ehe sich durch die Verlängerung der erschlaffenden Muskeln die Contacte bei *c* und *d*, Fig. 1, wieder herstellen können.

Fig. 3.



Statt der Quecksilbernäpfchen kann man auch federnde Contactdrähte benützen, und ich habe mir auf diese Weise einen sogenannten Telegraphenschlüssel (neuerer Construction) zu dem in Rede stehenden Zwecke hergerichtet, dessen Handhabung bequemer ist als jene der Wippe mit dem Contactstäbchen.

Ferner traf ich, behufs der Demonstration der endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung vermittelst des Myochronoskops die Einrichtung, die beiden Nerven N_1 N_2 genau gleichzeitig durch einen und denselben elektrischen Reiz in Erregung zu versetzen, doch so, dass die erregte Stelle des einen Nerven

lichst nahe am Muskel, jene des andern Nerven möglichst entfernt vom Muskel zu liegen kommt; damit die gesetzte Erregung in dem ersten Nerven eine kürzere, in dem zweiten eine längere Wegstrecke zu durchlaufen habe, bevor sie bis zum Muskel gelangen, und diesen zur Zuckung veranlassen kann; wodurch der Beginn der einen Muskelzuckung — alles übrige gleichgesetzt — gerade um so viel später erfolgen muss, als die Erregung Zeit braucht, um sich durch eine Nervenstrecke hindurch fortzupflanzen, welche der messbaren Differenz der beiden Innervationsbahnen an Länge gleichkommt.

Zu diesem Ende wird die Leitung für den „reizenden" Strom der Säule (oder secundären Inductionsspirale) K_2 folgendermassen verzweigt. Der Draht α spaltet sich in die Zweige β und γ, der Draht μ in die Zweige δ und ε, deren Enden, wie aus Fig. 1 ersichtlich, mit gleicher Spannweite an die Nerven angelegt sind. Der reizende Strom wird somit gleichzeitig und in derselben Richtung N_1 bei x (näher am Muskel), N_2, bei y (entfernter vom Muskel) erregen müssen. Eine zweite eben solche Leitung (in Fig. 1 durch punktirte Linien angedeutet) führt den reizenden Strom zu den Strecken x' und y', wenn der Bügel des Commutators W_1, aus welchem das Kreuz ausgenommen worden ist, umgelegt wird. Diese Einrichtung ermöglicht nach Belieben entweder in N_1 die dem Muskel nähere und in N_2 die vom Muskel entferntere Stelle, oder umgekehrt in N_2 die nähere und in N_1 die entferntere zu erregen.

Liegt nun die Wippe W_1 wie in Fig. 1, so wird N_1 bei x (näher am Muskel), N_2 bei y (entfernter vom Muskel) erregt; in Folge der endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung beginnt die Zuckung des Muskels M_1 früher, als die des Muskels M_2; der Contact bei c wird also früher unterbrochen als der bei d; und der chronoskopische Strom findet, ehe der Contact bei d durch die etwas später eintretende Zuckung des Muskels M_2 unterbrochen wird, Zeit genug, um am Muskeltelegraphen ein weithin sichtbares Signal auszulösen.

Beiläufig bemerkt, dauert der chronoskopische Strom genau so lang als der Contact d später als der Contact c aufgehoben wird, und

könnte daher auch zur *quantitativen* Bestimmung dieses Zeitintervalles (somit der Nervenleitungsgeschwindigkeit) benützt werden.

Um sich zu vergewissern, dass der den Voraussetzungen entsprechende Erfolg des Versuchs, den man einige Male wiederholen kann, wirklich nur von der Langsamkeit abhängt, mit welcher sich die Erregung in den Nerven fortpflanzt und nicht etwa bloss durch ein günstiges Zusammentreffen von zufälligen Umständen (wie verschiedene Energie der Präparate, ungleiche Innigkeit der Contacte, ungleiche Belastung und Spannung der Muskeln etc. etc.) bedingt sei, so wird die Wippe W_1 beim zweiten Versuch umgelegt, der reizende Strom bricht nun in die durch Punkte angedeutete Leitung, erregt N_1 bei y', also entfernter vom Muskel, N_2 bei x', also näher am Muskel. Dem entsprechend muss jetzt M_2 früher zucken als M_1 und der Contact d früher unterbrochen werden als der Contact c. Der chronoskopische Strom findet bei Oeffnung des Contactes c die Leitung zum Muskeltelegraphen bereits unterbrochen und das Signal muss ausbleiben.

Das Gelingen des zweiten Versuches, den man gleichfalls einige Mal wiederholen kann, macht den ersten bindend, *indem an den Bedingungen desselben gar nichts geändert wurde,* als die Lage der erregten Stellen an den Nerven durch Umlegen der Wippe W_1 — und die dem ersten Versuch etwa günstigen zufälligen Nebenumstände den zweiten Versuch unbedingt vereiteln müssten.

Das Ausbleiben des Muskeltelegraphensignals im zweiten Versuch controlirt das Gelingen des ersten Versuchs und macht denselben *streng beweisend;* dieses Ausbleiben würde aber auch dann zu Stande kommen können, wenn die Contacte bei c und d unter den obwaltenden Bedingungen des zweiten Versuchs *gleichzeitig* unterbrochen würden.

Wollte man schliesslich auch noch zeigen — was aber für unsern Zweck überflüssig ist — dass das Ausbleiben des Signals im zweiten Versuch davon herrührt, dass der Contact bei d früher aufgehoben wurde als der Contact bei c, so müsste man bei dem dritten Versuche, ohne sonst irgend etwas zu ändern, den Bügel eines Commutators W_2, aus welchem ebenfalls das Kreuz ausgenommen worden

ist, umlegen, wodurch der Hebel H_2 genau eben so zur gut leitenden Nebenschliessung für die Zweigbahn der Muskeltelegraphenleitung würde, wie es vor dem Umlegen des Bügels der Hebel H_1 war, indem jetzt der chronoskopische Strom den Commutator W_2 durch die zweite (punktirte) Leitung verlässt (siehe Fig. 1).

Demgemäss würde dann beim dritten Versuch wieder ein Muskeltelegraphensignal zu Stande kommen müssen, wenn das Ausbleiben des Signals beim zweiten Versuch wirklich dadurch bedingt war, dass der Contact bei *d* früher aufgehoben wurde als der Contact bei *c*.

Um jedoch die Demonstration der endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung vermittelst des Myochronoskops nicht ohne Noth zu compliciren, habe ich den Commutator W_2 und die zweite (punktirte) Leitung des chronoskopischen Stromes gar nicht erst in Anwendung gezogen.

Von der speciellen mechanischen Einrichtung meines Apparates erwähne ich nur Folgendes.

Die Aufhängung der beiden Wadenmuskeln geschieht, wie beim Pflüger'schen Myographium durch die Befestigung der mit denselben im natürlichen Zusammenhange belassenen Oberschenkelknochen in Klemmen, welche an Messingsäulchen in beliebiger Höhe und genau über die Mitte der Hebel festgestellt werden können.

Die beiden Hebel sind dem Unterbrecher des Ruhmkorff'schen Inductionsapparates nachgebildet, ihr hinteres Ende ruht auf der Kante eines Prismas, während ihr vorderes mit einem Platinplättchen bekleidetes Ende mit dem Platinknöpfchen einer verstellbaren Schraube in Contact steht. Diese Contactschrauben dienen zur Regulirung der Berührungen, besonders wenn sich die Muskeln in Folge längerer Belastung und Thätigkeit ungleichmässig gedehnt haben.

Zur Befestigung des Muskels an den Hebel dient eine in der Mitte des letzteren angebrachte Klemme, in welche das Ende der Sehne selbst oder ein vermittelst eines Häkchens befestigter Faden oder (übersponnener) Draht eingespannt wird.

Diese letztere äusserst bequeme Einrichtung, welche noch den bedeutenden Vortheil bietet, dass man die Muskeln *vor* dem Einklemmen durch ein dem Hebel genau gleichgrosses, nachher zu entfer-

nendes Gewicht, in dem eben erforderlichen Grade spannen und dehnen kann, habe ich auf den Rath meines Freundes Professor Pierre adoptirt.

Die Nerven ruhen auf einer Glasplatte, die mit Bohrungen versehen ist, durch welche die Platinelektroden der Leitung des reizenden Stromes an den entsprechenden Stellen an die Nerven herantreten.

Ein Glaskästchen, in welchem ein feuchter Schwamm hängt, deckt das Ganze.

Hr. Mechanikus W. Grund in Prag verfertigt das Myochronoskop genau nach meiner Angabe in correcter und vortrefflicher Art, um den sehr billigen Preis von 40 fl. ö. W.

Eine Demonstration der endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung vermittelst des Myochronoskops habe ich zum ersten Male am 15. Mai, dann am 26. und 27. Juni l. J. im hiesigen physikalischen Universitätslaboratorium, dessen Benützung mir von Hrn. Prof. Pierre in collegialster Weise gestattet wurde, versucht.

Die zum Versuch verwendeten Frösche waren frisch eingefangen und sehr reizbar.

Die Differenz der beiden myopolaren Nervenstrecken betrug das erste Mal nur 22 Millim. (was einem Zeitintervalle von etwa 0,0008 Secunden entspricht, die Nervenleitungsgeschwindigkeit zu 64,4 Millim. in der Secunde angenommen), das letzte Mal hingegen an 40 Millim.

Die Spannweite der Platinelektrodenpaare betrug je 3,5 Millim. Die Reizung wurde immer durch Schliessung eines sehr schwachen nur Schliessungszuckung auslösenden, im Nerven absteigend gerichteten Kettenstromes bewerkstelligt.

In der Leitung des chronoskopischen Stromes, welcher durch ein Reochord adgestuft werden konnte, zwischen den Punkten *a* und *b*, Fig. 1, wurde ein bedeutender Widerstand in Form einer langen, dünnen, mit Kupfervitriollösung gefüllten Glasröhre eingeschaltet, um den Zweigstrom in der Leitung zum Muskeltelegraphen bei vorhandener Nebenschliessung durch den Hebel H_1 zur völligen Wirkungslosigkeit abzuschwächen.

Der Erfolg der fast eine Stunde lang fortgesetzten Versuche war bei der Subtilität des Gegenstandes ein so überraschend günstiger,

dass ich mich schon früher zu einer vorläufigen Veröffentlichung (Allg. med. Centralzeitung, 5. Juni 1861) bestimmt fühlte, um das Myochronoskop, als einen sehr präcis arbeitenden Apparat allen Experimentalphysiologen, welche in didactischer Beziehung auf Demonstrationen *ad oculos* einiges Gewicht legen, bestens zu empfehlen. Kein geübter Experimentator wird sich wohl vergebens bemühen, die zum Gelingen der beschriebenen Versuche nöthigen Bedingungen möglichst günstig herzustellen.

Nachschrift vom 29. Juni 1861.

Beiläufig erlaube ich mir noch eines überaus zierlichen, meines Wissens nirgends beschriebenen Versuches Erwähnung zu thun, welchen ich schon vor einigen Jahren in meinen Vorlesungen zu zeigen pflegte, zu dessen Anstellung sich aber das Myochronoskop besser eignet als jene primitive Anordnung, die ich früher brauchte.

Damals hielt ich nämlich einfach mit der einen Hand den Fuss eines stromprüfenden Froschschenkels, mit der andern das Ende des Nerven in der Art über zwei theilweise auf einander liegende Kupfer- und Zinkplatten, dass der Nerv, nachdem er Kupfer und Zink berührt hatte — durch die Zuckung des Schenkels aus seiner Lage geschnellt, erst in Folge der Erschlaffung der Schenkelmuskeln wieder in Contact mit Kupfer und Zink kam, und nun neuerdings durch die ausgelöste Zuckung des Schenkels emporgeschnellt dasselbe Spiel abermals wiederholte u. s. f.

Auf diese Weise kann also der stromprüfende Froschschenkel so lange in anhaltende rhythmisch unterbrochene Zuckungen versetzt werden, bis der Nerv, in Folge der Ermüdung des Präparates ungenügend gehoben, in constantem Contact mit Kupfer und Zink bleibt; worauf Ruhe eintritt, weil durch den Strom in beständiger Grösse keine Erregung des Nerven gesetzt wird.

Diese mit dem Du Bois'schen Gesetz der elektrischen Reizung zusammenhängende Erscheinung lässt sich nun vermittelst des Myochronoskops sehr bequem hervorrufen; man braucht nur den an der Sehne des Muskels isolirt befestigten Hebel in die Leitung des „rei-

zenden“ Stromes zum Nerven mit einzuschalten. So wie der reizende Strom dann geschlossen wird, hebt der sich zusammenziehende Muskel den Hebel empor; der Strom wird unterbrochen; der Hebel fällt in Folge der Erschlaffung auf die Contactschraube zurück und schliesst neuerdings die Leitung des reizenden Stromes; hierauf folgt durch Reizung des Nerven eine abermalige Zuckung und so fort, bis durch die eintretende Ermüdung keine Hebung des Hebels und keine Unterbrechung des reizenden Stromes mehr zu Stande kommt, worauf dann Ruhe eintritt.

Das Nervmuskel-Präparat verhält sich wie der Elektromagnet des Neef'schen Hammers und zwingt den Hebel je nach der Stärke und Richtung des Stromes und je nach der Reizbarkeit, Zuckungsgrösse und Belastung des Muskels, mehr oder weniger rasch, kürzere oder längere Zeit fortzuhämmern; eine Erscheinung, die einen überraschenden Anblick gewährt, und zu einem ganz anziehenden Collegienversuche über das allgemeine Gesetz der elektrischen Reizung verwerthet werden kann.

Es versteht sich von selbst, dass man diesen Versuch auch mit Muskeln, deren Nerven nicht in solcher Länge frei präparirt werden können, wie jener anstellen kann. Sehr gut z. B. eignet sich hierzu der von Weber so viel gebrauchte parallelfaserige Zungenmuskel. Ich steckte zu diesem Ende durch die, im Zusammenhange mit herauspräparirte, Glottis einen kupfernen Haken, der an ein Stativ befestigt wurde, und in die Zunge stiess ich einen zweiten Haken, dessen frei herabhängendes Ende die Oberfläche einer Metallplatte oder eines Quecksilbernäpfchens berührte. Wurde nun das Quecksilbernäpfchen oder die Metallplatte mit dem einen, der kupferne durch die Glottis gesteckte Haken mit dem andern Pole einer Säule in Verbindung gebracht, so zeigte der Zungenmuskel das beschriebene Phänomen des Neef'schen Hammers sehr hübsch.

XXII.

Bemerkungen zur Lehre vom Mechanismus des Larynxverschlusses.

Von

Professor **Johann Czermak**, d. Z. in Prag [1]).

Ich habe bekanntlich schon vor mehr als zwei Jahren die ersten *genaueren*, auf directe laryngoskopische Beobachtungen gegründeten Angaben über den Mechanismus, durch welchen der Kehlkopf, während des Schlingens, beim Drängen vermittelst der Bauchpresse etc. verschlossen wird, veröffentlicht [2]) und nachgewiesen, dass sich nicht nur die wahren, sondern auch die falschen Stimmbänder, und endlich auch der Kehldeckel, dessen nach innen convex vorspringenden Theil ich mit dem Namen „Epiglottiswulst" belegte, an der Verschliessung des Kehlkopfes betheiligen.

l. c. 2. p. 571: „Um genau sehen zu können, wie sich die einzelnen Theile des Kehlkopfes beim Acte des Verschliessens verhalten und betheiligen, ging ich von jener Anordnung aus, welche den freiesten Einblick (vermittelst des Kehlkopfspiegels) in das Innere des Kehlkopfs gestattet und leitete dann den Verschluss willkürlich ein. Unter diesen Umständen tritt der ganze Vorgang in seiner einfachsten, reinsten Form auf und ist der Beobachtung am zugänglichsten."

---

[1]) Aus der Wiener medicinischen Wochenschrift 1860, Nr. 49, vom Hrn. Verfasser mitgetheilt.

[2]) 1. Sitzung der Ges. d. Aerzte zu Wien vom 9. April 1858. (Wiener med. Wochenschrift Nr. 16, 1858, Beil. pag. 267. — 2. Sitzungsber. d. k. Ak. d. Wiss., April 1858, pag. 557. Mit 3 Tafeln.

„Ich erkannte auf diesem Wege, dass zur Herstellung eines ganz festen luftdichten Verschlusses“:

„1. Die Arytaenoid-Knorpel und *process vocales* mit ihren Innenseiten sich fest aneinander drücken, und so auch die Ränder der wahren Stimmbänder zur gegenseitigen Berührung bringen“;

„2. die falschen Stimmbänder bis zum Verschwinden der *Ventr. Morgagni* an die wahren sich anschmiegen, indem sie sich zugleich gegenseitig nähern, und endlich“

„3. der Kehldeckel mit seinem nach innen noch convexer vorspringend gemachten Wulst von vorn nach hinten fortschreitend auf die geschlossene Glottis fest aufgedrückt wird.“

„Alle diese Veränderungen geschehen theils gleichzeitig, theils so rasch nacheinander, dass es grosser Aufmerksamkeit bedarf, um sie in's Einzelne zu verfolgen. Ob sich die falschen Stimmbänder z. B. auch bis zur wirklichen Berührung ihrer Ränder in der Medianlinie nähern, wie die wahren, kann ich aus diesem Grunde nicht entscheiden, der aufgedrückte Kehldeckelwulst entzieht sie nämlich eher dem Blicke, als ihre gegenseitige Näherung eventuell zu einer wirklichen Berührung geworden ist. Uebrigens erscheint gerade jener Wulst ganz geeignet, eine zwischen ihnen etwa übrigbleibende Furche oder Rinne auszufüllen; beim plötzlichen Oeffnen des vollständigen Kehlkopfverschlusses habe ich wiederholt gesehen, dass die falschen Stimmbänder eben so weit gegen die Medianlinie vorsprangen, als die wahren; es mag daher häufig genug auch zum Verschlusse der *glottis spuria,* durch gegenseitige Berührung der oberen Stimmbänder selbst kommen. Taf. II. Fig. 9 stellt den auf halbem Wege arretirten Vorgang des luftdichten Larynxverschlusses dar. Der Epiglottiswulst wurde bereits über einen grossen Theil der geschlossenen *glottis vera* und der beträchtlich verengerten *glottis spuria* herabgedrückt; von den Eingangsspalten zu den *Ventr. Morgagni* sind nur Andeutungen einer zarten Furche zurückgeblieben. In Fig. 10 ist der Verschluss vollendet, indem der Epiglottiswulst endlich auch mit der die Arytaenoid-Knorpel einschliessenden Schleimhautfalte in *innigen* Contact gebracht wurde.“

„Ein gutes Stück der Epiglottis überragt frei den geschlossenen

Larynx, es ist in unserem Falle noch so weit aufgerichtet, dass man die Vollendung des Verschlusses vermittelst des Epiglottiswulstes sehen kann.“ .....

„Aus diesen Ermittelungen über den luftdichten Kehlkopfverschluss erklärt es sich nun leicht, wie die Glottis ohne grossen Kraftaufwand dem beträchtlichen Luftdruck während des Drängens vermittelst der Bauchpresse mit Erfolg Widerstand zu leisten vermag.“ .....

„Das Herabgedrücktwerden der Epiglottis geschieht.... nicht *passiv* — etwa durch den Zungengrund — sondern gewiss wesentlich *activ* — durch die eigenen Muskeln der Epiglottis. Es ist interessant und erfreulich zu sehen, wie Santorini, ... den Epiglottismuskeln *a priori* Wirkungen zuschreibt, welche mit Dem in überraschendem Einklang stehen, was ich durch directe Beobachtung an mir selbst ermittelt habe.“ (Folgen die Citate aus Santorini.)

Die Thatsache, dass die falschen Stimmbänder wirklich eine so grosse Beweglichkeit besitzen, dass sie einander „bis zur gegenseitigen Berührung in der Medianlinie“ genähert werden können, wurde von mir zuerst (an einer Patientin) direct beobachtet und veröffentlicht (Wiener med. Wochenschrift Nr, 11, 1859, pag. 166); später habe ich auch an mir selbst mit Bestimmtheit gesehen und hundertfältig vermittelst meines autolaryngoskopischen Apparates Anderen demonstrirt, dass beim Verschluss des Larynx die gegenseitige Näherung der falschen Stimmbänder zu einer wirklichen Berührung wird und zur Verschliessung der *glottis spuria* führt, — indem es mir gelang, die Senkung uud Auflagerung des Epiglottiswulstes zu verzögern.

Mr. Giraud-Teulon, ein Augen- und Ohrenzeuge meiner im Frühjahr 1860 in Paris abgehaltenen laryngoskopischen Demonstrationen und Vorträge, berichtete hierüber in der *Gazette médicale de Paris*, Nr. 15, 14. April 1860, wie folgt:

„On voit, en prémier lieu, les cordes vocales inférieures se rapprocher et se mettre en contact immédiat, — première fermeture; — immédiatement au-dessus d'elles se rapprochent et se resserrent l'une contre l'autre les cordes vocales supérieures — deuxième barrière — troisièmmement, par dessus cette double clôture, et perpendiculairement aux joints de cette double porte à deux battants vient s'appliquer un

renflement intérieur qui termine en bas l'epiglotte, et dont la destination et l'emploi n'avaient jusqu'ici jamais été soupçonnés, si même on lui supposait un emploi. Or ce renflement a pour fonctions de venir s'appuyer sur les deux barrières que nous venons de voir se fermer successivement, et d'y mettre comme la pierre qui scelle le couvercle d'un puits. L'exactitude complexe de cette triple précaution était assurément fort loin d'être devinée."

Aus diesen meinen thatsächlichen Ermittelungen über den sinnreichen Mechanismus des Larynxverschlusses, welchen ich nichts Wesentliches hinzuzufügen wüsste, erklärt es sich, wie gesagt, leicht, wie die Glottis dem stärksten Luftdrucke beim Drängen mit der Bauchpresse, ohne grossen Kraftaufwand und Muskelapparat mit Erfolg Widerstand zu leisten vermag.

Es wird aber wohl Niemandem einfallen, aus meinen Ermittelungen die von Herrn Türck *vorgebrachte* „irrige Vorstellung" ableiten zu wollen, als ob die wahren und falschen Stimmbänder „zum Verschluss der Glottis" nicht hinreichten und hiezu „ein ergänzender, luftdichter Verschluss zwischen Epiglottis und den Giessbeckenknorpeln" erforderlich sei.

Auch hat Hr. Türck seine irrige Vorstellung selbst berichtigt; — aber das von mir beobachtete Verhalten der Epiglottis beim starken Drängen und bei den Schlingbewegungen (wo der aufgedeckte *vollständige* Mechanismus des Larynxverschlusses stets in Activität kommt, *wenn der Versuch mit der gehörigen Energie und Präcision ausgeführt wird)* scheint Hr. Türck nach den Bemerkungen auf pag. 22 seiner, 10 Monate nach meiner Brochüre [1]) erschienenen, „praktischen Anleitung zur Laryngoskopie" noch immer nicht beobachtet zu haben.

Schliesslich noch einige Bemerkungen zur richtigeren Würdigung der neuerdings wieder auftauchenden Magendie'schen Lehre von der Nichtbetheiligung der Epiglottis beim Schlingacte.

Unter normalen Verhältnissen wird der Larynx während des

---

[1]) Czermak, Der Kehlkopfspiegel etc. Leipz. bei Engelmann (Jänner) 1860; édition française: Paris chez J—B. Baillère (Juin) 1860.

Schlingens durch den von mir im Detail ermittelten dreifachen Mechanismus geschlossen.

Dies ist zunächst als richtig festzuhalten.

Auf der anderen Seite ist es allerdings eben so richtig — und ich habe l. c. 2 selbst die betreffende Stelle aus Hyrtl's Handb. der topogr. Anatomie, Wien 1847, B. I, p. 365 citirt — dass es Fälle giebt, „wo auch nach completer Destruction des Kehldeckels das Schlingen wieder seinen regelmässigen Gang nahm, was sich nur daraus erklärt, dass die Glottis mit jedem Schlingacte vollkommen geschlossen wird."

Erst kürzlich hat Stoerk wieder einen hierher gehörigen instructiven Fall laryngoskopisch untersucht und in der Zeitschrift für prakt. Heilk. Nr. 40, 1860, beschrieben, bei welchem der Kehldeckel fast gänzlich zerstört war, das Verschlingen flüssiger und fester Speisen aber ohne irgend eine Beschwerde von Statten ging, indem sich die falschen Stimmbänder im Verein mit den *Lig. ary-epigl.* durch ihre kreisförmige Zusammenziehung derart wulsteten, dass sie die wahren Stimmbänder vor Berührung schützten.

Es unterliegt also keinem Zweifel, dass der Schlingact auch *ohne* Kehldeckel ungehindert von Statten gehen *kann.*

Allein es wäre mindestens — *unlogisch,* hieraus schliessen zu wollen, dass der *vorhandene, unversehrte* Kehldeckel jene Rolle beim Verschlusse des Larynx während des Schlingens *nicht* spiele, welche ihm nach meinen directen Beobachtungen ein- für allemal zukommt.

Nachträgliche Bemerkung.

Spätere Beobachter, welche meine obigen Angaben nicht in allen Punkten zu bestätigen vermochten, haben den Mechanismus des *Larynx*verschlusses, gleich Türck, *unvollständig* beobachtet, und eben nur den luftdichten Verschluss der *Glottis* durch Aneinanderlagerung der Stimmbänder und der Taschenbänder vor Augen gehabt, während die Epiglottis aufgerichtet blieb und die *Fissura laryngis* daher offen stand.

Sie haben offenbar nur an solchen Individuen experimentirt, welche bei der, zur laryngoscopischen Inspection erforderlichen, meist etwas gezwungenen Anordnung der Mund- und Schlundtheile nicht im Stande waren, die Epiglottis gehörig niederzuziehen.

Ich habe jedoch hundertfältig an mir selbst demonstrirt, dass man die Epiglottis (selbst bei weit geöffnetem Mund und vorgestreckter Zunge) in der Weise zu senken vermag, dass sich ihr „Wulst", der dabei noch viel stärker vorspringt, an die geschlossenen Taschenbänder *innig* anschmiegt und gegen die nach vorn und unten sich neigenden, ihm so zu sagen entgegenkommenden Arytaenoidknorpel mitunter *so kräftig andrückt*, dass die *Cornua Santorini* und die den Wrisberg'schen Knorpeln entsprechenden Knötchen der *Lig. ary-epiglottica aus ihrer Lage gedrängt* werden!

Dies ist eine feststehende Thatsache.

Es versteht sich übrigens von selbst, dass der *Kehlkopf* nur auf diese Weise vollständig geschlossen werden *kann*, denn so lange die Epiglottis nicht niedergedrückt ist, bleibt der Kehlkopf oben noch *offen*, wenn gleich die *Glottis* durch Aneinanderlagerung der Stimmbänder und Taschenbänder luftdicht verschlossen wird.

Eben so selbstverständlich ist aber auch die oben angedeutete *mechanische* Bedeutung des von mir aufgedeckten *vollständigen* Mechanismus des *Kehlkopf*verschlusses für die Sicherung und Festigkeit des *Glottis*verschlusses bei *möglichster Ersparniss an Kraftaufwand.*

Wer in dieser Beziehung es für völlig gleichgültig halten könnte, ob der hohe Epiglottiswulst, auf die in *horisontaler* Richtung luftdicht gegen einander gedrückten wahren und falschen Stimmbänder, noch in *verticaler* Richtung aufgedrückt wird, oder nicht, der hätte eben keine Ahnung von der sinnreichen Einfachheit dieser ganzen, faktisch vorhandenen, Einrichtung.

XXIII.

Die Elementarorganismen.

Von **Ernst Brücke** [1].

Es ist nunmehr fast ein Vierteljahrhundert vergangen, seit uns Theodor Schwann die Elementarorganismen [2], aus welchen sich der zusammengesetzte Thierleib aufbaut, als solche kennen lehrte und ihre Umwandlung zu den verschiedenen Geweben nachwies. In jenem allbekannten Capitel, welches er unter der Ueberschrift: „Theorie der Zellen" seinem Buche anfügte, schilderte er in bewundernswürdiger Weise ihre Bedeutung für den Gesammtorganismus, und brachte dadurch in einer ganzen Reihe von Anschauungen die völlige und bleibende Umgestaltung hervor, welche uns gewissermassen in ein neues Zeitalter der physiologischen Forschung eintreten liess.

In Rücksicht auf die Entstehung der einzelnen Zellen baute er auf Angaben von Schleiden in einer Weise fort, die sich durch die späteren Erfahrungen nicht vollkommen bewährt hat. Er liess

---

[1] Aus den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften vom Herrn Verfasser mitgetheilt.

[2] Ich nenne die Zellen Elementarorganismen, wie wir die Körper, welche bis jetzt chemisch nicht zerlegt worden sind, Elemente nennen. So wenig die Unzerlegbarkeit dieser bewiesen ist, so wenig können wir die Möglichkeit in Abrede stellen, dass nicht vielleicht die Zellen selbst noch wiederum aus anderen, noch kleineren Organismen zusammengesetzt sind, welche zu ihnen in einem ähnlichen Verhältnisse stehen, wie die Zellen zum Gesammtorganismus; aber wir haben bis jetzt keinen Grund, dies anzunehmen.

Zellen frei im Blastem durch Aggregation von Molecülen und Aufsaugung von Flüssigkeit entstehen. Spätere Forschungen haben dies nicht bestätigt, und wenn in der That ein Fall beobachtet würde, in dem zellenähnliche Gebilde auf diese Weise entstünden, so würden wir nach unserer jetzigen Art die Dinge anzusehen eine solche Beobachtung wahrscheinlich ganz anders deuten. Wir würden geneigt sein, zu schliessen, dass jene Zellen gar nicht die vielberufenen Elementarorganismen darstellen, sondern dass wir vielmehr als solche die Molecüle ansprechen müssen, durch deren Vereinigung sie entstanden.

Als morphologische Bestandtheile der Zelle erkannte Schwann im Anschluss an die Botaniker die Zellenmembran, den Zelleninhalt, den Kern und das Kernkörperchen. Schon damals hatte es seine Schwierigkeit, alle Theile aller Arten von Zellen in diesem Schema eines mit Flüssigkeit gefüllten Bläschens mit Kern und Kernkörperchen unterzubringen. Ganz abgesehen von den faserigen und röhrigen Geweben, welche durch Metamorphose von Zellen entstehen, kannte man Gewebtheile, welche noch ganz auffällig den Typus der Zellen darboten, aber offenbar einen complicirteren Bau hatten, als ihn die Lineamente unseres Schema's zeichnen. Ich meine die Flimmerzellen. Sollte man die Cilien als Verlängerungen der Zellenmembran betrachten, als Aussackungen, in welche hinein sich der Zelleninhalt erstreckt? Diese Anschauung war offenbar wenig ansprechend und doch liess das strenge Schema kaum für eine andere Raum. In neuerer Zeit ist von Funke und Kölliker ein Gebilde an den Cylinderzellen der Darmzotten näher beschrieben worden, das sie für einen verdickten und porösen Theil der Zellenmembran halten. Das besagte Gebilde hat aber mit der Zellenmembran nichts zu schaffen. Schon ehe ich dasselbe in seiner Eigenthümlichkeit kannte, habe ich aus dem Verhalten eben jener Zellen bei der Resorption und aus den Veränderungen, welche sie durch Wasserzusatz erleiden, ermittelt, dass ihre Membran die Gestalt einer gegen die Darmhöhle offenen Tute, eines Kegelmantels hat. Während der Untersuchungen, die Brettauer und Steinach in meinem Laboratorium vornahmen, habe ich mich auf das Entschiedenste überzeugt, dass die Darstellung,

wie sie dann von diesen gegeben wurde, die richtige ist; die Streifen des Gebildes, welches ich als Stäbchenorgan bezeichnen will, rühren nicht von Porencanälen in einer zusammenhängenden Masse her, sondern sind der Ausdruck einer Zusammensetzung aus einzelnen prismatischen Stücken und diese sind kein Theil der Zellenmembran, sondern stehen in directer Verbindung mit dem Inhalte, denn wenn sich dieser aus jener loslöst, so bleiben sie an ihm haften, und die Membran schwimmt als leere Tute daneben, ohne dass jemals ein Theil des Stäbchenorgans mit ihr in Verbindung bliebe. Spätere Untersuchungen, welche ich zum Theil mit noch vollkommeneren Vergrösserungsmitteln, mit Hartnack's Immersionssystem Nr. 10, vorgenommen habe, dienten nur dazu, die Angaben von Brettauer und Steinach zu bestätigen. Auch da, wo man sich bemüht, alle Zellen in jenes Schema einzuzwängen, wird man die ernsten Schwierigkeiten nicht verkennen, welche dasselbe darbietet, wenn es sich nicht allein um die Zellen als solche handelt, sondern auch um die Dinge, welche aus ihnen werden und hervorgehen. Die Literatur der Geweblehre ist eine wahre Musterkarte von mehr oder weniger gelungenen oder misslungenen Versuchen, diese Schwierigkeiten zu überwinden. Aber nicht allein die zusammenhängenden Gewebe bieten sie dar; es giebt isolirte Gebilde, bei denen sie nicht geringer sind. Die Spermatozoiden sind in ihrer einfachsten Form Fäden, die an einem Ende dicker und steifer sind als an dem andern; weder Membran noch Inhalt, weder Kern noch Kernkörperchen lässt sich an ihnen demonstriren, ja dies gelingt selbst da nicht, wo sich schon deutlich der starre Körper und der bewegliche Schweif gegen einander abgrenzen. Betrachten wir andererseits die Spermatozoiden eines Salamanders, so finden wir hier die Gestalt so complicirt und vom gewohnten Zellentypus so abweichend, dass wir sie wiederum nicht auf denselben zurückführen können. Wir sehen an dem vorderen Ende des länglichen Leibes eine feine Spitze, die nach Czermak's Abbildung [1]) bei *Salamandra atra* noch einen kleinen Widerhaken trägt, hinten einen Schweif, der eine dünne Membran nach Art einer Flosse trägt, welche sich in fort-

[1]) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. II, Tab. XXI, Fig. 3.

währender, zierlicher, wellenförmiger Bewegung befindet. Alles das sehen wir an Gebilden, die wir nicht als aus Zellen zusammengesetzt, sondern als Nachkommenschaft einzelner Zellen erkannt haben.

Was berechtigt uns denn zu glauben, dass in unserem Schema die Organisation der Zelle selbst erschöpft sei? Ist es ein Grund zu solcher Annahme, wenn wir auch mit unseren jetzigen starken Vergrösserungen, die uns verhältnissmässig riesige Netzhautbilder von den einzelnen Zellen geben, kein weiteres Detail an ihnen erkennen? Was haben wir als Knaben von der Organisation der Quallen erkannt, die wir beim Baden fingen, die wir in der Hand hielten, drehten und wendeten, und von denen wir unsern blossen Augen grössere Netzhautbilder verschaffen konnten, als sie uns die besten Mikroskope von den Zellen geben? Was haben wir anders in ihnen gesehen als einen tellerförmigen Gallertklumpen mit einigen gleichfalls gallertartigen Fortsätzen? Sollten wir uns verhehlen, dass verschiedene Umstände das Feld unserer mikroskopischen Wahrnehmungen beschränken?

Es ist zunächst klar, dass wir alle diejenigen Objecte nicht sehen werden, welche sich von ihrer Umgebung weder durch ihr Absorptionsvermögen, noch durch ihren Brechungsindex unterscheiden; aber uns werden auch manche entgehen, von denen man dies nicht sagen kann.

Der Unterschied im Absorptionsvermögen muss schon ein *beträchtlicher* sein, um die Sichtbarkeit des Objects zu begründen, denn nur dann kann bei der ausserordentlichen Dünnheit der durchwanderten Schichten ein merklicher Unterschied in Licht und Farbe eintreten. Solche *beträchtliche* Unterschiede nun ergeben sich in der That an einzelnen Bestandtheilen der Zellen ziemlich häufig, und diese sind es dann, welche wir mit dem Namen der Pigmentkörner oder der Pigmentmassen bezeichnen, Namen, die eben nichts anderes sagen wollen, als dass diese Theile sich von dem übrigen Material der Zelle in ihrem Vermögen das Licht zu absorbiren wesentlich unterscheiden.

Im Uebrigen ist die Absorption in eben diesem Materiale so gleichförmig, dass uns aus ihr kein Hülfsmittel für das Erkennen erwächst; indem, wie gesagt, wegen der ausserordentlichen Dünnheit

der Schichten, welche das Licht zu durchwandern hat, nur sehr beträchtliche Unterschiede zur Wirkung kommen können, kleine vollständig unmerklich sind.

Die wesentliche Basis für alles mikroskopische Unterscheiden bleibt deshalb immer die Verschiedenheit des Brechungsindex, insofern dieselbe Brechung und Reflexion hervorruft. Ich sage nicht auch Beugung, weil diese nur zur Anschauung kommt unter Umständen, unter denen unsere mikroskopischen Wahrnehmungen nicht mehr verlässlich sind. Die Erscheinungen der Brechung und der Reflexion sind aber in Rücksicht auf ihre Deutlichkeit unter anderem auch in sehr wesentlicher Weise abhängig von dem Grade der Verschiedenheit der Brechungsindices zweier aneinander grenzenden Medien. Diese Verschiedenheit kann, obgleich unleugbar vorhanden, einen so geringen Grad haben, dass Formen und Dimensionen nicht mehr zur Anschauung kommen, welche bei einem stärkeren Unterschiede der Brechungsindices uns nicht hätten entgehen können. Wohl jeder Mikroskopiker wird sich beim Infiltriren mikroskopischer Präparate mit Flüssigkeiten von verschiedener optischer Dichtigkeit hinreichend hiervon überzeugt haben. Bringen wir hierzu noch die Undeutlichkeit, welche durch die Uebereinanderlagerung verschieden brechender und unregelmässig gestalteter Massen hervorgebracht wird; so werden wir einsehen, weshalb wir auch bei grossen Bildern nicht zu sicher auf Enthüllung von Einzelnheiten rechnen dürfen. Endlich sind es die Dimensionen selbst, welche unseren Wahrnehmungen Schranken setzen, zeitlich, insofern unsere Mikroskope ihnen noch nicht gewachsen sind, für immer, insofern die Wirkung von ihnen abhängt, welche körperliche Theile auf die Lichtwellen auszuüben vermögen.

Ich kann mir auch nicht wohl denken, dass irgend ein Mikrograph im Ernste glaube, unsere mikroskopischen Bilder gäben eine auch nur annähernd vollständige Uebersicht über den Bau der Zellen, und wenn gesagt wird: „die Zellenmembran ist structurlos, das Protoplasma ist eine homogene Masse u. s. w., so soll dies wohl nichts anderes heissen, als: die Zellenmembran erscheint uns structurlos, das Protoplasma erscheint uns als eine homogene Masse. Wollte man diese Ausdrücke in strengerem Sinne gebrauchen, so würde dies

eine Beschränktheit des Gesichtskreises verrathen, wie ich sie bei keinem Fachgenossen voraussetzen möchte.

So empfehlenswerth es nun auch ist, sich überall streng an das unmittelbar Beobachtete zu halten, so nothwendig ist es, das geistige Auge nicht gegen das zu verschliessen, was der Beobachtung unzugänglich ist, damit wir nicht den Werth unserer mikroskopischen Wahrnehmungen überschätzen und mit Hülfe der Schlagwörter Zellenmembran, Zelleninhalt und Zellenkern physiologische Doctrinen aufbauen, welchen ein kommendes Geschlecht die Anerkennung versagen möchte.

Fragen wir uns also zunächst, was wir über die feinere der directen Beobachtung unzugängliche Structur der Zellen erschliessen können. Structur, wenn man darunter nichts anderes versteht, als eine bestimmte Art der Zusammenordnung der kleinsten Theile, derjenigen Theile, welche, wenn der Körper sich in der Wärme ausdehnt, nicht mehr ihre Grösse, sondern nur noch ihre Lage ändern. Structur in diesem Sinne kommt sicher allen chemisch zusammengesetzten Körpern zu, und auch denjenigen, welche wir als chemisch einfache betrachten, können wir sie nicht ohne weiteres absprechen; denn es ist möglich, dass einige von ihnen sich nur durch die Art, wie die kleinsten Theile mit einander zu grösseren Gruppen vereinigt sind, dass sie sich nur durch die Structur des Molecüls, das wir bis jetzt fälschlich als ihr Atom betrachten, von einander unterscheiden. Von den organischen Substanzen, welche in die Zusammensetzung der Zelle eingehen, wissen wir, dass die Structur ihres Molecüls schon eine sehr complicirte ist, ihr hohes Atomgewicht zeigt, dass es aus zahlreichen Bausteinen zusammengefügt wurde. Aber wir können uns mit einer solchen, wenn auch complicirten Molecularstructur für die Zelle nicht begnügen. Wir können uns keine lebende vegetirende Zelle denken mit homogenem Kern und homogener Membran und einer blossen Eiweisslösung als Inhalt, denn wir nehmen diejenigen Erscheinungen, welche wir als Lebenserscheinungen bezeichnen, am Eiweisse als solchem durchaus nicht wahr. Wir müssen deshalb den lebenden Zellen, abgesehen von der Molecularstructur der organischen Verbindungen, welche sie enthalten, noch eine andere und in anderer

Weise complicirte Structur zuschreiben, und diese ist es, welche wir mit dem Namen *Organisation* bezeichnen.

Die zusammengesetzten Molecüle der organischen Verbindungen sind hier nur die Werkstücke, die nicht in einförmiger Weise eines neben dem andern aufgeschichtet, sondern zu einem lebendigen Baue kunstreich zusammengefügt sind.

Wir sehen an den Zellen nicht allein, dass sie wachsen, an Volum zunehmen, indem sie fremde Stoffe aufsaugen, wir nehmen noch mannigfache andere Thätigkeiten an ihnen wahr: an der einen, dass sie sich continuirlich bewegt, an der andern, dass sie auf einen Reiz zuckend ihre Gestalt verändert, an einer dritten, dass sie Impulse aussendet, welche in lebendigen Leitungen fortgeführt ihre Wirkung in entfernten Regionen des Organismus ausüben.

Wir sehen in dem zusammengesetzten Organismus verschiedene Wirkungen von verschiedenen Theilen ausgehen, welche wir als Organe und Systeme des Körpers bezeichnen, und wir können es uns kaum anders denken, als dass auch in der Zelle die verschiedenen Wirkungen von verschieden beschaffenen, von verschieden gebauten Theilen ausgehen.

Wir erwarten natürlich nicht, dass sich die Organe und Systeme wiederholen, wie wir sie im menschlichen Gesammtorganismus finden; wir wissen, dass dies selbst bei den niederen Thieren nicht mehr der Fall ist, wir wissen, dass mit der Abnahme der Dimensionen sich die Natur der Mittel ändert, durch welche die Kräfte der anorganischen Welt dem Organismus dienstbar gemacht werden. Aber abgesehen von den hierdurch bedingten Verschiedenheiten und abgesehen von der geringeren Summe der zusammensetzenden Theile haben wir kein Recht, einen jener kleinen Organismen für minder kunstvoll gebaut zu halten, als einen andern von grösseren Dimensionen, und dies Bewusstsein müssen wir nicht allein mit zu der Untersuchung der kleinsten Thiere bringen, sondern auch mit zu der Untersuchung der thierischen und auch der pflanzlichen Zellen. Wir müssen in der Zelle immer einen kleinen Thierleib sehen und dürfen die Analogien, welche zwischen ihr und den kleinsten Thierformen existiren, niemals aus den Augen lassen.

Die Aehnlichkeit zwischen einer Amöbe und einem Krebsblutkörperchen, zwischen einem Infusorium und einem Spermatozoid oder einer losgerissenen Flimmerzelle könnten wir, wenn sie isolirt dastünde, für etwas Aeusserliches, Zufälliges ansehen; aber die einzelligen Pflanzen weisen geradezu den unmittelbaren Zusammenhang nach zwischen frei lebenden Organismen und solchen, die nur als integrirende Theile eines grösseren Ganzen ihr Dasein fristen können.

Dies ist der Standpunkt, auf den ich glaubte den Leser hinführen zu müssen, ehe ich beginne, ihm gegenüber einige Fragen zu besprechen, von denen es wünschenswerth ist, dass sie durch das Zusammenwirken Vieler und durch leidenschaftslose durch keine hergebrachten Vorurtheile beengte Discussion ihrer endlichen Beantwortung zugeführt werden.

Die Zellenmembran.

Es ist wohl jetzt allgemein anerkannt, dass die Cellulosemembran der Pflanzenzelle in der Membran der thierischen Zelle nicht ihr Analogon findet. Die Cellulosemembran ist, wie die Kalkschale das Haus der Schnecke, so das Haus der Pflanzenzelle, später ihr Sarg; die Membran der Thierzelle ist zunächst ihre Haut. Dies führt uns zu der Frage, ob eine Membran nothwendiges Attribut der Thierzelle sei oder nicht. Wenn man unter der Haut weiter nichts versteht als die äusserste Schicht, ohne zu verlangen, dass diese sich in Consistenz oder Zusammensetzung *merklich* vom zunächst darunterliegenden unterscheiden soll, so ist nichts dagegen einzuwenden, dass man einer jeden Zelle eine solche Haut zuschreibe. Man sagt hiermit nichts anders aus, als die allgemein anerkannte Wahrheit, dass sich an jedem begrenzten Körper die Oberfläche und das Innere unterscheiden lassen. Wenn man aber verlangt, dass diese Haut, wie es, um den Namen Membran zu rechtfertigen, billig der Fall sein soll, eine beträchtlich grössere Festigkeit habe, um dem darunter liegenden Zusammenhang und Schutz zu verleihen, so muss ich mich ganz der Ansicht von Max Schulze[1]) anschliessen, dass eine solche Membran

[1]) Ueber Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe; in Reichert und du Bois Archiv 1861.

nicht nothwendiges Attribut der Zelle sei, ja ihr in ihrer ersten Jugend wahrscheinlich allgemein nicht zukomme, sondern sich da, wo sie sich findet, erst später durch einen allmäligen Verdichtungs- und Verhärtungsprocess gebildet habe.

Wo man eine solche Membran annehmen will, muss dieselbe erwiesen werden, und man darf es damit nicht im Vertrauen auf die Richtigkeit der Dogmen der Zellentheorie leicht nehmen, sondern muss die Mittel, durch welche der Nachweis geführt werden soll, einer sorgfältigen Kritik unterwerfen. Als eins derselben hat immer das Verhalten der Zellen gegen Wasser gegolten und C. H. Schultz und Schwann haben dasselbe benutzt, um zu beweisen, dass die Blutkörperchen eine solche Membran besitzen. Schwann [1]) sagt: „Dass die Blutkörperchen Bläschen sind, wurde zuerst von C. H. Schultz bewiesen. Er stützt sich besonders auf ihr Verhalten gegen Wasser; wo sie ihren Farbestoff verlieren, aufquellen, rund werden, und wo er dann oft den Kern innerhalb des runden sehr durchsichtigen Bläschens herumrollen sah. Das letzte würde für sich allein schon entscheidend sein. Ich habe dies zwar noch nicht beobachtet, der Kern hängt vielmehr in den meisten Fällen bestimmt an der inneren Wandfläche des Bläschens excentrisch, wie bei allen Zellen, doch ist es wahrscheinlich, dass er sich auch zuweilen lösen kann. Aber schon das Aufquellen und Rundwerden der Blutkörperchen macht ihre Natur als Zellen sehr wahrscheinlich. Wäre die Hülle der Blutkörperchen nicht ein abgeplattetes Bläschen, so könnte es im Wasser zwar farblos werden und aufquellen, aber es würde seine platte Form wie ein aufquellender Schwamm behalten.“ Das Herumrollen des Kerns in dem Blutkörperchen habe ich auch niemals gesehen, und ich glaube die meisten Fachgenossen werden mir beistimmen, wenn ich die Meinung äussere, dass jene Angabe auf einer Täuschung beruhe. Für mich hat nur der von Schwann zuletzt angeführte Grund Bedeutung, aber auch dieser ist nicht absolut stichhaltig. Es ist bekannt, dass verschiedene organische Gebilde vermöge ihrer feineren Structur in verschiedenen Richtungen verschieden stark aufquellen, und

1) l. c. S. 75.

dies kann also auch bei den Blutkörperchen der Fall sein. Selbst dass der Durchmesser der aus den Blutkkörperchen im Wasser entstehenden Kugeln kleiner ist, als der grösste Durchmesser der Scheibe, aus der die Kugel entstand, ist für die Existenz der Membran nicht beweisend. Auch dies kann Folge feinerer Structurverhältnisse sein. Man denke sich z. B. statt der einen Scheibe ein scheibenförmiges System von sehr vielen ähnlichen reihen- und schichtweise mit einander verbundenen scheibenförmigen Bläschen, so wird auch dies durch Aufquellen in analoger Weise in die Kugelform übergehen. Wenn man auch die Existenz einer äusseren festeren Hülle zugeben will, so beweist doch das Verhalten gegen Wasser immer noch keineswegs, was es beweisen sollte, nämlich dass die Blutkörper Bläschen seien, deren Inhalt, abgesehen vom Kern, flüssig ist. Denn die Erscheinungen könnten äusserlich dieselben sein, wenn statt der Flüssigkeit eine weiche und imbibitionsfähige Substanz von jener festeren Hülle umgeben wäre. Es könnten in dieser imbibitionsfähigen Substanz mannichfache Structurverhältnisse vorhanden sein, ohne das Resultat des Quellungsprocesses äusserlich zu verändern. Man wird hiernach zugeben müssen, dass die Einstimmigkeit, mit der die Bläschennatur der Blutkörperchen geraume Zeit gelehrt wurde, mehr dem Schweigen der Gegner als der Kraft der Argumente der Vertheidiger zu danken war.

So wenig nun die Quellungserscheinungen, welche man an den Blutkörperchen wahrnimmt, ihre Bläschennatur darthun, oder auch nur hinreichen, die Existenz einer Membran an ihnen mit Bestimmtheit nachzuweisen, so wenig können analoge Erscheinungen an anderen Zellen für denselben Zweck benutzt werden. Ein anderes Mittel, dessen man sich bedient hat, um die Zellenmembran zu erkennen, ist die Faltenbildung. In Rücksicht auf diese muss man wohl bedenken, dass sie niemals beweist, dass ein flüssiger Inhalt von einer festen Hülle umgeben vorliege, sondern nur, dass das angewendete Reagens das Innere der Zelle stärker schrumpfen mache, als die äussere oder äusserste Schicht derselben. Dies wird freilich wohl im Allgemeinen seinen Grund in einer grösseren Festigkeit der äusseren Theile haben, aber damit ist noch nicht ausgemacht, dass sich dieselbe nicht

auch stellenweise weiter in die Tiefe erstreckt, und dass nicht das faltenbildende anstatt einer blossen Haut vielmehr die Hauptmasse des ganzen Zellenleibes sei, welcher um einen oder mehrere Hohlräume oder wasserreiche Weichgebilde zusammenfällt. Endlich hat man sich wohl gegen den Zweifel zu hüten, ob die grössere Consistenz der Aussenschicht nicht etwa erst durch die Einwirkung des Reagens hervorgerufen ist.

Ein drittes, aber gleichfalls nur bedingungsweise brauchbares Mittel hat die Molecularbewegung an die Hand gegeben. Schon Schwann führt als Beweis für die Zellennatur der Pigmentzellen an, dass man eine Molecularbewegung, wie sie die Pigmentkörner frei im Wasser zeigen, schon innerhalb der Zelle wahrnehme. Es ist aber wohl zu bemerken, dass nicht jede Art von Bewegung kleiner Körnchen innerhalb einer Zelle dafür spricht, dass sie ein Bläschen mit flüssigem Inhalt sei. Es können erstens Bewegungen von Körnchen innerhalb gewisser Grenzen stattfinden in Canälen im Zellenleibe oder in Höhlen, welche keine allgemeine Zellenhöhle sind, und zweitens können sich Körner bewegen dadurch, dass sie mit sich bewegenden Theilen des Zellenleibes in Verbindung sind.

Die schönste Molecularbewegung, die ich in vom menschlichen Körper herrührenden Zellen gesehen habe, zeigen die Speichelkörperchen, und doch habe ich mich bis jetzt keineswegs überzeugen können, dass sie hohle Bläschen mit einem flüssigen Inhalte sind; denn wenn man sie quetscht, so fliessen die Körner nicht aus. Der ganze Körper wird in einen flachen Kuchen zusammengedrückt, in welchem die Körnchen regungslos liegen bleiben. Auch wenn man das Deckglas hebt und wieder mehr Flüssigkeit zulässt, fängt in solchem gequetschten Speichelkörperchen die Molecularbewegung nicht wieder an.

Grosser Werth wird von Einzelnen dem sogenannten Abheben der Zellenmembran auf Wasserzusatz beigemessen. Das Wasser soll eindringen zwischen Inhalt und Membran, und letztere in Form einer Blase herausbauchen; mir aber scheint dies von allen unsicheren Kennzeichen das unsicherste. Es ist bekannt, dass aus den Zellen auf Wasserzusatz bisweilen tropfenartige Gebilde hervortreten, welche den Schein einer abgehobenen Zellenmembran so täuschend hervorbrin-

gen, dass selbst sehr berühmte und ausgezeichnete Mikroskopiker sich dadurch haben irre führen lassen. Ja selbst ein doppelter Umriss an einer auf Wasserzusatz entstehenden Ausbauchung kann das Vorhandensein einer Membran nicht beweisen; denn es ist bekannt, dass manche thierische Gebilde auf Wasserzusatz sogenannte Vacuolen bilden, d. h. dass sich das Wasser in einzelnen Räumen im Innern in Tropfenform anhäuft, und durch seine Anhäufung die umgebende, den Eindruck einer zähflüssigen Masse machenden Substanz auseinander treibt. Eine solche Vacuole braucht nur noch am Rande und von einer sehr dünnen Plasmaschicht bedeckt vorzukommen, um den Schein einer abgehobenen Membran hervorzubringen.

Der sicherste Weg, sich von der Existenz der Zellenmembran zu überzeugen, ist offenbar der, dass man die Membran vollständig isolirt. Dies gelingt aber, soviel ich weiss, ohne dass man den Inhalt verletzt, nur bei einer Art von Zellen, bei denen des Cylinderepitheliums, aber gerade bei diesen zeigt es sich, wie aus der Abhandlung von Brettauer und Steinach bekannt ist, dass die Membran nicht die ganze Zelle gleichmässig umgiebt, sondern nur einen tütenförmigen Mantel um dieselbe bildet, und darauf beruht eben die Möglichkeit hier ausnahmsweise die Zellenmembran ohne mechanische Verletzung des Inhaltes zu isoliren.

Durch Zerquetschen der Zellen und hierdurch bewirkte Entleerung der Membran ist sie mehrfach demonstrirt worden, so von Purkinè und Raschkow [1]) am Pflasterepithelium und von Schwann an der Knorpelzelle. Ohne die Existenz der Membran an weiter entwickelten Zellen dieser Art in Abrede zu stellen, kann ich doch diesem Hülfsmittel nicht unter allen Umständen volle Beweiskraft zuschreiben, denn Flüssigkeit wird man aus jedem Zellenleibe, den man quetscht, herauspressen, und ob das zurückgebliebene eine blosse Zellenmembran ist, oder ob nicht vielmehr die zusammenhängende Hauptmasse der in verschiedenen Regionen des Zellenleibes vertheilten festen Theile, das ist häufig sehr schwer und kaum mit einiger Sicherheit zu beurtheilen.

---

[1]) Meletem. circa mammalium dentium evolutionem, Vratislaviae 1835.

Die Art, sich von der Existenz der Zellenmembran zu überzeugen, von der ich nun zuletzt sprechen will, weil sich daran gewisse andere Betrachtungen knüpfen, besteht darin, dass man sie an der unversehrten Zelle an ihren Umrissen erkennt. Es ist hier begreiflich nicht allein nöthig, dass sie sich in Rücksicht auf ihre Dichtigkeit hinreichend von dem Zelleninhalt unterscheide, sondern auch, dass sie eine gewisse Dicke habe, denn ein einfacher Contour kann an und für sich niemals die Diagnose der Membran begründen, es müssen deren immer zwei vorhanden sein, von denen einer die äussere, der andere die innere Begrenzung darstellt.

Manche Mikroskopiker haben, offenbar in der Voraussetzung, dass der Zelleninhalt eine sich durch ihren Brechungsindex wenig von dem umgebenden Medium unterscheidende *Flüssigkeit* sei, schon aus einem Contour auf eine Membran geschlossen; dies ist völlig unerlaubt unter der Voraussetzung, welche ich oben zu rechtfertigen gesucht habe, dass nämlich der Zelleninhalt von Anfang ein *Aufbau* aus festen und flüssigen Theilen ist; denn der Unterschied zwischen seiner Dichtigkeit und der des umgebenden Mediums wird auch ohne umhüllende Membran hinreichenden Grund für den *einen* Umriss abgeben. Erst durch den zweiten Umriss kann erkannt werden, dass ein Dichtigkeitsunterschied zwischen äusserer Umhüllung und Inhalt besteht. Es versteht sich von selbst, dass man hierbei die Vergrösserung nicht durch starke Oculare über die reellen Kräfte des Instruments treiben darf, weil sonst ein zweiter Umriss entsteht, der seinen Grund nicht mehr in der Natur der Zelle, sondern in den Fehlern des optischen Apparates findet. Es werden deshalb auf diese Weise auch nur Zellenmembranen von einiger Dicke erkannt werden können.

Hier, wo wir von dicken Zellenmembranen sprechen, ist der Ort, uns ausführlich darüber zu verständigen, was wir unter verdickten Zellenmembranen und unter Intercellularsubstanz verstehen. Bei den Pflanzen ist die Begriffsbestimmung der verdicktem Zellenmembran leicht, indem schon die Cellulosemembran an sich als eine Ausscheidung, als ein von dem ursprünglichen Zellenleibe völlig verschiedenes, ihm äusserlich aufliegendes Produkt betrachtet werden muss, dessen Verdickung nur durch Anlagerung von wiederum anders zusammenge-

setzten secundären Schichten zu Stande kommt. Nicht so verhält es sich bei den thierischen Zellen. Hier ist keine Membran, die der Zelle als solcher entgegengesetzt werden könnte, sie ist ein Theil ihrer selbst, und wenn sie dicker wird, so geschieht dies entweder indem sie wächst, wie ein anderer Theil der Zelle, oder indem neue Theile des Zellenleibes in den Verhärtungsprocess hineingezogen werden, durch den sie selbst gebildet worden ist. Dieser Verhärtungsprocess scheint mir in unmittelbarem Zusammenhange zu stehen mit der Bildung gewisser sogenannter Intercellularsubstanzen.

Die Lehre von den Intercellularsubstanzen, wie sie gewöhnlich vorgetragen wird, scheint mir eine Irrlehre zu sein, und ich hege über die Entwickelung derselben eine Ansicht, welche sich der von Max Schultze in seiner oben erwähnten Abhandlung vorgetragenen eng anschliesst. Um dies zu rechtfertigen, muss ich zunächst auf die beiden Grundirrthümer hinweisen, unter deren Einfluss die gangbare Lehre entstanden ist. Der erste ist der von der freien exogenen Zellenbildung. Man liess die Knorpelzellen frei in der Intercellularsubstanz entstehen, und hiernach musste man also die Intercellularsubstanz nicht nur als etwas von ihnen Verschiedenes, sondern auch als etwas theilweise vor ihnen Existirendes ansehen. Zweitens war man überzeugt, dass die Zellenmembran sich früher bilde als der Zelleninhalt und diesen mithin von vornherein umhülle; also konnte das, was nach aussen von ihr lag, nicht mehr zur Zelle gehören, und erhielt den Namen der Intercellularsubstanz.

Wir sind von der Lehre von der exogenen Zellenbildung zurückgekommen und wissen speciell aus der Beobachtung des Knorpels, dass hier die neugebildeten Zellen ursprünglich die eine neben der andern liegen. Wir müssten also annehmen, dass von anderswoher Intercellularsubstanz nachträglich zwischen sie ergossen wird und sie auseinander drängt. Es würde hiernach die Intercellularsubstanz als ein Gebilde ohne organische Structur erscheinen, das nur durch eine Art Eindickungs- und Gerinnungsprocess aus dem flüssigen in den festen Zustand überginge, denn wir kennen bis jetzt keine Art von Organisation, welche sich im Thierkörper unabhängig von den Zellen aufbaut, und sind durch nichts berechtigt, eine solche anzunehmen.

Viel wahrscheinlicher finde ich es, dass auch die Bildung der Intercellularsubstanz von den Zellen ausgeht, und dieser Annahme steht kein Hinderniss mehr entgegen, wenn wir nicht mehr annehmen, dass die Zellenmembran präformirt sei. Denken wir uns, dass die äusserste Schicht jeder Knorpelzelle sich unter stetem Wachsen in die Substanz umwandle, welche wir Knorpelsubstanz im engeren Sinne des Wortes nennen, und dass sie sich dabei mit den gleichen Schichten der benachbarten Zellen in der Weise verbinde, dass sich die Grenze nicht mehr unterscheiden lässt, so haben wir die Intercellularsubstanz, so wie sie die mikroskopische Untersuchung nachweist. Ist der nicht mit in diese Metamorphose hineingezogene Theil des Zellenleibes dann noch mit einer eigenen anders lichtbrechenden Schicht, Zellenmembran, Knorpelzellenkapsel, umgeben, so ist dies eine secundäre Bildung, zu der entweder der bereits metamorphosirte oder der noch nicht metamorphosirte Theil die Grundlage geliefert hatte. Nach dem, was ich bis jetzt über die Entwickelung der Knorpel beobachtet habe, erscheint mir ersteres wahrscheinlicher. Es scheint mir als ob bei dieser Art der Entwickelung der Intercellularsubstanz die den nicht metamorphosirten Theil des Zellenleibes umgebende Schicht fester als das Uebrige wird, so die Kapsel durch Differenzirung entsteht und durch ihren inneren und äusseren Umriss sichtbar wird, ja sich eventuell von der Umgebung so weit lösen kann, dass es möglich ist, sie durch mechanische Gewalt zu isoliren. Die Ansammlung von freier Flüssigkeit innerhalb der Knorpelzellen, wie sie schon Schwann [1]) beobachtete, halte ich ebenfalls für Folge einer secundären Metamorphose.

Aus dieser Ansicht über die Entwickelung der Intercellularsubstanz lässt sich, wenn sie als richtig anerkannt wird, wie ich glaube, auch in Rücksicht auf die bekannte Controverse über die Entwickelung des Bindegewebes eine Verständigung ableiten, auf die Max Schultze auch schon hingewiesen hat. Dass die Fasermasse desselben sich zwischen den Zellen aus einer von ihnen verschiedenen und ihnen fremden Intercellularsubstanz entwickeln sollte, davon habe ich mich niemals überzeugen können; die Bilder, welche ich von sich

[1]) l. c. S. 114.

entwickelnden Sehnen erhalten, haben mich zu der gerade entgegengesetzten Ansicht geführt. Ich stütze mich hier nicht allein auf eigene Untersuchungen, sondern auch auf die des Hrn. Dr. Rollett, der mir schon vor Jahren, als er sich mit seinen Untersuchungen über das Bindegewebe beschäftigte, ein vom Hühnchen im Ei entnommenes Präparat zeigte, an welchem sich der Zusammenhang der Fasern mit den Zellen, aus denen sie hervorgegangen waren und mit deren Kernen auf das Unzweifelhafteste verfolgen liess. Andererseits lässt sich die unmittelbare Verbindung der Intercellularsubstanz des Knorpels mit und der unmittelbare Uebergang zu der Fasermasse des Bindegewebes durchaus nicht in Abrede stellen, was uns aber leicht erklärlich sein wird, wenn wir eben jene Intercellularsubstanz als ein ursprünglich auch aus den Zellen hervorgegangenes Product betrachten. Virchow's Bindegewebskörperchen betrachte ich wiederum mit ihren Kernen als den Theil des Zellenleibes, der nicht mit in die collagene Metamorphose hineinbezogen worden ist. Dies sind die Bindegewebskörperchen, deren Analogie mit den Knochenkörperchen sich unzweifelhaft nachweisen lässt, während wir diese Analogie für andere Formen, welche auch unter dem Namen von Bindegewebskörperchen beschrieben sind, zurückweisen müssen. Solche Formen sind: Zellen mit Ausläufern, welche sich in elastische Fasern umwandeln, Zellen mit Ausläufern, die mit der Entwickelung der collagenen Substanz in keinem nachweisbaren Zusammenhange stehen, und die entweder ihre Gestalt behalten, oder deren weitere Metamorphose unbekannt ist; endlich verzweigte Hohlräume, deren Entstehung aus Zellen nicht nachgewiesen ist, Gewebslücken. Die Entwickelung des secundären Knochens ist der des Bindegewebes ganz gleich, nur dass hier weder gemeines Bindegewebe, noch fibröses Gewebe zu Stande kommt, indem die collagene Substanz sogleich durch Einlagerung von phosphorsaurem Kalk in Knochen übergeht. Die Analogie zwischen Knorpelkörperchen, Knochenkörperchen und Bindegewebskörperchen bleibt also hierbei vollkommen aufrecht. Ebenso aufrecht bleibt alles, was Virchow über die Rolle dieser Körperchen in pathologischen Processen gelehrt und scheint uns vollkommen verständlich, wenn wir berücksichtigen, dass das Reproductionsvermögen nur

demjenigen Theile der Zelle verbleiben kann, welcher noch einen der ursprünglichen Embryonalzelle analogen Organismus darstellt.

Ich habe in dem Bisherigen angenommen, die leim- und chondringebende Substanz entstünden durch Metamorphose eines Theils des Zellenleibes; ich würde aber denjenigen nicht in schlagender Weise widerlegen können, welcher behaupten wollte, sie entstünden vielmehr als eine vom Zellenleibe ausgehende Neubildung auf der Oberfläche desselben. Am menschlichen Organismus, dessen Structur wir bis zu den Elementartheilen mit Erfolg studirt haben, ist es im Allgemeinen leicht zu sagen, was Metamorphose, was nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche Neubildung sei; anders aber verhält es sich mit der Zelle, deren Structurverhältnisse sich unsern Vergrösserungsmitteln bis auf ihre gröbsten Züge entziehen. Wie soll man hier bestimmen, in welcher Form die Zelle das Material für die Bildung der leimgebenden und der chondringebenden Substanz aufnimmt, in welcher Form sie es abgiebt? Die Cellulosemembran der Pflanzenzelle muss ich als Neubildung betrachten, denn sie besteht aus einem Materiale, das von dem des Zellenleibes seiner Natur nach von Grund aus verschieden ist. Eine Nöthigung der Art besteht aber für die besprochenen sogenannten Intercellularsubstanzen so wenig, wie für die thierische Zellenmembran, denn obgleich das leimgebende und das chondringebende Gewebe chemisch verschieden sind von den Substanzen, welche die Hauptmasse des Zellenleibes ausmachen, so ist doch der Unterschied nicht von der Art, dass wir es für unmöglich halten sollten, dass die eine Substanz allmälig durch Aufnahme und Abgabe gewisser Stoffe in die andere umgewandelt werde. Wesentlich bestimmend für mich war der Umstand, dass namentlich beim Sehnengewebe ausser dem Kern nur ein so kleiner Theil des Zellenleibes zurückbleibt. Man kann dies freilich auch als Atrophie auffassen, aber da im Allgemeinen ein Wachsthum stattfand und der eine Theil abnahm, während der andere zunahm, schien es mir natürlicher, anzunehmen, dass die Zunahme des letzteren auf Kosten des ersteren stattfinde. Man mag hierüber denken, wie man will, es wird dies wohl noch geraume Zeit ohne praktische Folgen bleiben; aber wesentlich ist es, dass man sich entscheide, ob man die leim-

gebende und chondringebende Substanz als etwas ansehen will, was theils vor den Zellen da war, theils nachträglich von aussen her zwischen sie ergossen wurde, oder ob man sie ansieht, als ein Product der Zellen, das wenigstens für eine Zeit lang, theilweise dauernd an den Lebenserscheinungen derselben Theil hat.

Kern und Kernkörperchen.

Wenn man auch jetzt nicht mehr überall anerkennt, dass der Kern bei der Bildung der Zelle diejenige Rolle spiele, welche ihm Schleiden und Schwann zuwiesen, so gilt bei den Histologen doch noch ziemlich allgemein der Satz, dass jede Zelle wenigstens in ihrer ersten Jugend einen Kern gehabt haben müsse, und auch diejenigen, welche zugeben, dass sich dies für die Blutkörperchen des Menschen und der Säugethiere nicht nachweisen lasse, sind doch der Ansicht, dass wenigstens jede productionsfähige Zelle, jede die eine andere hervorzubringen im Stande ist, einen Kern besitze.

Da es sich für uns nicht allein um thierische, sondern auch um pflanzliche Zellen handelt, so müssen wir auch diese mit in Betracht ziehen. Wenn wir uns nun hier streng an das Beobachtete halten, so ergiebt sich, dass zwar alle Zellen von phanerogamen Gewächsen in ihrer ersten Jugend Kerne haben, dass aber bei den Zellen der Kryptogamen dieselben theils vorhanden sind, theils vermisst werden. Auch die Productionsfähigkeit kann man hier nicht von dem Vorhandensein von Kernen abhängig machen, da Vermehrung durch Theilung und Vermehrung durch Sprossenbildung ohne dieselben beobachtet worden ist. Es ist nun freilich zu berücksichtigen, dass der Kern einen Brechungsindex haben kann, der dem des Zelleninhaltes sehr nahe steht, und dass er hierdurch der Beobachtung entgehen würde; aber das kann keinen Grund abgeben, seine Existenz anzunehmen, wo man ihn nicht sieht, so lange nicht deren Nothwendigkeit aus anderen Gründen nachgewiesen ist. So lange dies nicht geschehen ist, ist es meiner Ansicht nach nicht gerechtfertigt, *dass man den Kern als wesentlichen und nothwendigen Bestandtheil in das Schema aufnimmt, welches man sich für den Elementarorganismus entwirft.*

Bei der Vermehrung der Zellen durch Theilung hat man, wenn

die neue Zelle einen Kern bekommen soll, manchmal Gelegenheit zu sehen, wie sich zuerst der Kern der alten theilt, noch ehe sich ihre übrige Masse in zwei Hälften sondert. Bei der freien (endogenen) Zellenbildung sieht man ferner wiederum von den Tochterzellen zuerst die Kerne und diese Art der Zellenvermehrung ist überhaupt an kernlosen Zellen niemals beobachtet worden. Dies hat Veranlassung gegeben, den Kernen eine besondere Function bei der Fortpflanzung der Zellen zuzuweisen, einer Ansicht, für welche vielleicht Manche in den Entdeckungen Balbiani's eine Bestätigung zu finden glauben, indem dieser bei den Infusorien den Kern als Eierstock, das Kernkörperchen als Hoden erkannte. Bei näherer Betrachtung aber beschränkt sich wieder die Analogie, welche man hier findet. Balbiani hat nirgends Selbstbefruchtung, Befruchtung des Eierstockes eines Individuums durch den Hoden desselben Individuums beobachtet, sondern nur gegenseitige Befruchtung durch Begattung. Da uns, abgesehen von den bekannten Befruchtungserscheinungen deren Producte ganze zusammengesetzte Organismen sind, jeder Anhaltspunkt fehlt, eine solche bei den Zellen vorauszusetzen, so dürfen wir es auch nicht wagen, die morphologische Aehnlichkeit des Kerns der Infusorien mit dem Kern der Zellen für unsere physiologischen Zwecke zu verwerthen.

Man kann nicht behaupten, dass die Ansicht, der Kern spiele eine wichtige Rolle bei der Fortpflanzung, unrichtig sei; aber sie ist auch nicht so wahrscheinlich gemacht, dass dadurch die Allgemeinheit gerechtfertigt wäre, in der sie Geltung hat.

Was wollte man dagegen einwenden, wenn jemand behauptete, der Kern verhalte sich bei allen Arten der Fortpflanzung: Theilung, Sprossenbildung und endogener Zellenbildung [1]) vollkommen passiv?

---

[1]) Unter endogener Zellenbildung verstehe ich ausschliesslich das, was von den Botanikern als *freie Zellenbildung* bezeichnet wird: Bildung von Tochterzellen im Leibe der Mutterzellen, wie sie im Embryosack beobachtet wird. Ich bemerke dies deshalb, weil man bisweilen die Zellenbildung durch Theilung mit der endogenen Zellenbildung zusammengeworfen hat. Für mich liegt der wesentliche Unterschied darin, dass in dem einen Falle Zellen wie Embryonen im Mutterleibe entstehen und heranwachsen, in dem anderen Falle der Leib der Mutterzelle in Stücke zerfällt, die nun die zweite Generation darstellen.

Was zunächst die Theilung anbelangt, so könnte er sich auf die immerhin zahlreichen Beispiele berufen, in denen dieselbe zugegebener Massen ohne Intervention von Kernen stattfindet. Hier muss also die Theilung vom Protoplasma (für diejenigen, welche einen Primordialschlauch annehmen, vom Protoplasma und Primordialschlauch) selbst ausgehen; warum soll dies nicht auch so sein, da, wo eine Theilung des Kerns stattfindet. Man braucht nur anzunehmen, dass durch das hereindrängende Protoplasma die Kernmasse in zwei oder mehr Theile abgeschnürt werde, noch ehe sich äusserlich eine Theilung des Zellenleibes sichtbar macht. Man kann hiergegen nicht geltend machen, dass das weiche Protoplasma ja nicht den harten Kern abschnüren könne; denn erstens ist es bekannt, dass man mit solchen Behauptungen da, wo es sich um Vegetationserscheinungen handelt, überhaupt sehr vorsichtig sein muss, und zweitens kann Niemand beweisen, dass der Kern zur Zeit, wo er sich theilt, hart sei. Muss man ihm nicht behufs der Selbsttheilung einen eben so schwachen Zusammenhang zuschreiben, als behufs des Getheiltwerdens? Es ist überhaupt eine eigene Sache um die Consistenz des Kerns. Die Zellentheorie sieht ihn an als das erste feste Element der Zelle, und doch ist dies durch nichts erwiesen. Man kann den nicht widerlegen, der behauptet, der Kern sei von Hause aus eine sehr weiche Masse, eine Masse von geringerer Consistenz als das Protoplasma, und er verhärte sich erst nachträglich, sei es an seiner Oberfläche (bläschenförmiger Kern), sei es in seiner ganzen Masse (massiver Kern). Man kann hiergegen nicht anführen, dass der Kern oft schon in jungen Zellen eine bedeutende Consistenz zeigt, denn im Allgemeinen ist diese geringer als bei alten, und man kann immer nur im Allgemeinen sagen, der Kern gehöre einer jungen Zelle an, niemals, er sei so jung, dass er sich unmöglich schon verhärtet haben könne, wenn er ursprünglich weich gewesen sei. Andererseits würden sich für jene Ansicht allerlei Wahrscheinlichkeitsgründe vorbringen lassen, z. B. 1. dass die hellen Kugeln, welche bei der Furchung entstehen und die Mütter aller thierischen Zellenkerne sind, offenbar eine sehr geringe Consistenz haben, und erst nach Beendigung der Furchung als Kerne der Keimhautzellen erhärten, 2. dass häufig, namentlich die Kerne junger

Zellen das Licht schwächer brechen als das umgebende Protoplasma und somit voraussichtlich auch weniger feste Bestandtheile enthalten als dieses, 3. dass es Zellenkerne giebt, z. B. in den Bewegungswülsten von *Mimosa pudica*, welche noch zur Zeit der vollen Entwickelung der Zelle eine sehr geringe Consistenz und tropfenartige Beschaffenheit haben.

Ich führe diese Dinge an, um darauf aufmerksam zu machen, dass sich den gangbaren diametral entgegengesetzte Ansichten mindestens eben so plausibel machen lasse als jene.

Wer behauptet, dass der Kern sich bei der Fortpflanzung passiv verhält, könnte sich weiter in Rücksicht auf die Sprossenbildung wiederum darauf berufen, dass solche ganz ohne (sichtbaren) Kern von statten geht, z. B. bei der Bierhefe [1]), und endlich in Rücksicht auf die endogene Zellenbildung könnte er mit Recht sagen, dass keine einzige Thatsache vorliegt, welche eine active Theilnahme des Kerns der Mutterzelle an derselben beweist.

Erwähnen wir hier bei der endogenen Zellenbildung noch eines Dogma's der Zellentheorie, nämlich des, dass der Kern das erste Stück der Tochterzelle sei, welches gebildet wird, und überzeugen wir uns, dass auch dieses sich nicht beweisen lässt. Es ist wahr, die Kerne sind das erste, was man von den Tochterzellen wahrnimmt; aber beweist das, dass es das erste sei, was gebildet wird? Die Kerne liegen im Protoplasma eingebettet, und wer kann sagen, dass sich der Leib

---

[1]) Nägeli sagt (Schleiden und Nägeli's Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik, Bd. I, S. 45): „Die Pilzzellen lassen hin und wieder kernartige Gebilde erkennen. Die Gährungspilze im Weinmost und in der Bierhefe zeigen oft regelmässig in jeder Zelle ein der Membran anliegendes kleines Kernchen von weisslichem Schleime." Ohne behaupten zu wollen, dass Nägeli nicht wirkliche Kerne vor sich hatte, kann ich doch zwei Dinge mit grosser Sicherheit aussagen: Erstens, dass die von mir untersuchten Gährungspilze in voller Lebensthätigkeit und reichlich mit Sprossen verschiedener Grösse versehen waren, und zweitens, dass ich mit vollkommeneren Vergrösserungsmitteln ausgerüstet bin, als die sind, in deren Besitz der berühmte Botaniker im Jahre 1844 sein konnte. Auch durch Jodtinctur konnte kein Kern sichtbar gemacht werden, und eben so wenig durch Essigsäure. Körner von wechselnder Grösse und Zahl, wie sie mannigfach vorkommen, für Kerne anzusprechen, ist, glaube ich, Niemand berechtigt.

der Tochterzelle in ihrem ersten embryonalen Zustande, lange vorher, ehe eine Zellenmembran auch nur angelegt wird, von dem Leibe der Mutterzelle durch unsere optischen Hülfsmittel unterscheiden lasse? Man denke sich einmal folgenden Vorgang: Die erste Anlage der Tochterzelle sei eine kleine Masse von Protoplasma, welche sich als solche mit unseren Hülfsmitteln nicht von der Protoplasmamasse der Mutterzelle unterscheiden lässt. Diese dehne sich aus und bilde in ihrer Mitte eine Höhle, gegen die sie sich dann durch eine Membran abgrenzt und in der sich früher oder später ein oder mehrere sichtbare Körperchen bilden. Das wäre der Kern mit Kernkörperchen. Dieser wachse nun, während die ihn umgebende dünne Protoplasmaschicht, die eigentliche erste Anlage der Tochterzelle, sich von dem Protoplasma der Mutterzelle noch immer nicht unterscheiden lässt, weil beide einander unmittelbar berühren, und durch keine anders brechende Grenzschicht von einander gesondert sind; dann endlich bilde sich die Zellenmembran, welche beide sichtbar von einander trennt. Würde dies nicht dieselbe Reihe von mikroskopischen Bildern geben, wie sie in der That beobachtet werden, und wie sie in ganz entgegengesetzter Weise gedeutet worden sind? Ich glaube, dass diejenigen, welche sich nicht auf fremdes Zeugniss verlassen, sondern vorurtheilsfrei selbst beobachten, mir hiernach beistimmen werden, dass wir weder über die Entstehung, noch über die Function des Kerns irgend welche positive Kenntniss haben, ja dass selbst die Constanz seines Vorkommens als wesentlichen Einschränkungen unterworfen erscheint, wenn man, was doch nicht zu vermeiden ist, die Zellen der Kryptogamen mit in Betracht zieht und nicht von vorn herein voraussetzt, dass der Kern auch da, wo man ihn nicht sieht, dennoch vorhanden sein müsse.

Der Zelleninhalt.

In Rücksicht auf den Zelleninhalt werden sich, wie mir scheint, unsere Vorstellungen am meisten von den ursprünglichen Grundsätzen der Zellentheorie entfernen müssen. Nach ihnen war der Zelleninhalt eine Flüssigkeit, welche sich zwischen Kern und Membran ansammelte, für uns ist der Zelleninhalt die Hauptmasse des Zellenleibes selbst,

ein complicirter Aufbau aus festen und flüssigen Theilen. Wenn man uns fragt, ob wir, da wir den Zelleninhalt nicht als Flüssigkeit anerkennen, glauben, dass er fest sei; so antworten wir: Nein, und wenn wir gefragt werden, ob er denn doch flüssig sei, so antworten wir wieder: Nein. Die Bezeichnungen fest und flüssig, wie sie in der Physik Geltung haben, finden auf die Gebilde, mit denen wir es hier zu thun haben, in ihrer Gesammtheit keine Anwendung.

Ich kann den Aggregationszustand des Zellenleibes weder mit dem des Eisens, des Bleies oder Schwefels im festen, noch mit dem dieser Körper im flüssigen Zustande vergleichen, und die Frage, ob der lebendige Zellenleib fest oder flüssig sei, ist im Grunde ebenso absurd, als wenn ich fragen wollte, ob der Leib einer Qualle oder einer Schnecke fest oder flüssig sei, in dem Sinne, welchen die Physik diesen Ausdrücken beilegt. Auch mit den Ausdrücken für die sogenannten gemischten Aggregationszustände reichen wir nicht aus, und wenn wir sagen, der Zelleninhalt sei eine schleimige, oder eine gallertartige oder sulzige Masse, so ist dies nicht besser, als wenn jemand, der von der Organisation der Medusen nichts weiss, dieselben als sulzige Massen, als belebte Gallerte bezeichnen wollte.

Wir werden mit Nothwendigkeit dazu geführt, im Zelleninhalte einen im Verhältniss complicirten Bau zu erkennen, wenn wir die Lebenserscheinungen berücksichtigen, welche wir an demselben wahrnehmen. Fassen wir zunächst nur einen Punkt in's Auge, die Bewegungserscheinungen.

Es ist hinreichend bewiesen und allgemein anerkannt, dass die contractile Substanz der quergestreiften Muskeln aus dem Zelleninhalte entsteht. Wir haben ferner an derselben schon jetzt mit unseren unvollkommenen Hülfsmitteln einen ziemlich complicirten Bau erkannt. Wir haben aus den Erscheinungen, welche sie im gemeinen und polarisirten Lichte zeigen, und namentlich aus der Unveränderlichkeit der optischen Constanten während der Contraction geschlossen, dass die *Sarcous elements*, aus denen einerseits die Fibrillen, andererseits die Bowman'schen Scheiben bestehen, wiederum aus Flüssigkeit und

aus ausserordentlich viel kleineren Körpern zusammengesetzt sind, für welche ich den Namen der Disdiaklasten vorgeschlagen habe.

Die Untersuchungen, welche Margo am Schliessmuskel der Bivalven anstellte, haben ferner gezeigt, dass Muskeln, welche man bisher als glatte betrachtete, sich bei Anwendung starker Vergrösserungen als quergestreifte erwiesen, und wie diese *Sarcous elements* enthalten, die sich nur durch ihre geringere Grösse von denen der willkürlichen Muskeln der Wirbelthiere unterscheiden. Es liegt die Vermuthung nahe, dass es sich bei allen übrigen sogenannten glatten Muskelfasern oder contractilen Faserzellen ebenso verhalte. Wenigstens kann Niemand behaupten, dass wir ein Recht haben, ihnen einen wesentlich einfacheren Bau zuzuschreiben, und doch sind hier die Contractilitätserscheinungen verhältnissmässig einfache. Wir haben hier nur Zellen, die nach zwei entgegengesetzten Richtungen ausgewachsen sind, und sich in der Richtung ihrer Längsachse auf angebrachte Reize verkürzen. Wir kennen aber noch andere Zellen, die sich in zahlreiche Ausläufer verzweigen, die alle sich auf Reize zusammenziehen, ja derartig eingezogen werden können, dass die vorher weit und vielfach verzweigte Zelle nunmehr als ein rundlicher Klumpen erscheint. Wir kennen solche Zellen mit Fortsätzen, welche alle gegen die äussere Hautoberfläche gerichtet sind, bei den Chamäleonen, und solche, deren Fortsätze nach allen Richtungen parallel mit der Hautoberfläche sich verbreiten bei den Fröschen, und wahrscheinlich kommen dergleichen bewegliche Zellen bei allen Amphibien vor, an denen man Farbenwechsel beobachtet. Welches Recht haben wir, anzunehmen, dass die contractile Substanz, welche hier den Zellenleib in allen Richtungen bis in seine entferntesten Ausläufer durchsetzt, einfacher gebaut sei, als der contractile Muskelinhalt. Es ist möglich, dass sie wesentlich anders gebaut ist, aber ob einfacher oder complicirter, das zu sagen, sind wir bis jetzt völlig ausser Stande.

Haben wir doch bis jetzt keine Art von contractiler Substanz so weit erforscht, dass wir einen Zusammenhang kennten zwischen ihrer Structur und ihren physiologischen Eigenschaften.

An den Pigmentzellen konnten die Bewegungen leicht beobachtet werden, weil das Pigment sie in so auffälliger Weise von ihrer Umgebung unterschied. Wo dies Hülfsmittel fehlt, sind gewiss zahlreiche Bewegungen von Zellen übersehen worden, und doch ist schon jetzt die Menge der vorliegenden Beobachtungen keine geringe. Zellen in Gewebe eingeschlossen und Zellen frei in Flüssigkeit schwimmend, wie die Lymphkörper von Wirbelthieren und die Blutkörper von Wirbellosen, haben Bewegungen gezeigt.

An vielen Pflanzen hat man sich überzeugt, dass die sogenannten Zellsaftströmungen in der That nicht Strömungen einer freien, die Zellenhöhle gleichmässig erfüllenden Flüssigkeit und auch nicht Bewegungen kleiner Molecüle in dieser Flüssigkeit sind, sondern dass die Bewegung vom Protoplasma, mit anderen Worten, vom lebendigen Zellenleibe ausgeht [1]). Eine ähnlich irrthümliche Auffassung, wie

---

[1]) Es scheint mir, dass noch jetzt die sogenannte Zellsaftcirculation nicht für alle Fälle richtig aufgefasst wird. Ich habe bisher nur ein Object so genau studirt, dass ich mir ein Urtheil darüber erlaube: die Brennhaare der Nesseln. Ich kann hier zunächst das, was man als die Strömchen des Protoplasma bezeichnet, nicht als solche anerkennen. Ich finde die ganze innere Oberfläche mit einer Schicht von Protoplasma überzogen, und die sogenannten Strömchen erscheinen mir als leistenartige oder wulstartige Hervorragungen dieser Protoplasmaschicht. Vielleicht kommen darunter auch Stränge vor, welche frei durch die centrale Höhle hindurchgehen, ich habe aber bis jetzt noch keine Gelegenheit gefunden, mich davon mit Bestimmtheit zu überzeugen. Was ferner die Bewegung anlangt, so lassen sich deutlich zwei Arten derselben unterscheiden: eine langsame, ziehende oder kriechende, von dieser hängen die Veränderungen in der Anordnung der Protoplasmamassen ab; ferner eine zweite schnellere, fliessende, welche man an der Bewegung der zahlreichen Körnchen wahrnimmt, die sich in der gesammten Protoplasmamasse finden. Es wird gewöhnlich so dargestellt, als ob sich die ganze Protoplasmamasse in einer fliessenden Bewegung befände und die Körnchen nur passiv mitgeschleppt würden; ich muss dies aber in Rücksicht auf mein Object entschieden in Abrede stellen. Es ist freilich der Schein einer solchen fliessenden Bewegung vorhanden, aber dieser wird theils, wie es ja auch bei den Muskeln geschieht, durch Contractionsbewegungen des Protoplasma hervorgebracht, theils rührt es her von den Körnchen, welche sich nicht im deutlichen Sehen befinden. Indem diese nicht als solche sichtbar sind, bringen sie, wenn ich mich so ausdrücken darf, kleine schwache Nebelflecke hervor, welche sich in der Stromesrichtung bewegen, so dass es dadurch das Ansehen hat, als ob das ganze Protoplasma in einer fliessenden Bewegung begriffen

sie hier früher Statt hatte, scheint es mir zu sein, wenn man die sogenannte Molecularbewegung in den Speichelkörperchen ansieht, als eine Bewegung kleiner Körnchen innerhalb eines Bläschens mit flüssigem Inhalte.

Ich habe schon oben erwähnt, dass ich beim Comprimiren niemals ein solches Bläschen platzen und den Inhalt freigeben sah, sondern dass die Zelle in einen flachen Kuchen zusammengequetscht wurde, welcher noch alle Körnchen enthielt, die aber nun für immer ihre Bewegung verloren hatten. Dies deutet vielmehr darauf hin, dass die Körnchen Bestandtheile eines kleinen Organismus waren, der durch die Quetschung getödtet und seiner Motilität beraubt wurde.

Bedenken wir, wie complicirt die mechanischen Einrichtungen sein müssen, welche den besprochenen Bewegungen zu Grunde liegen, und bedenken wir, dass wir bis jetzt eben nur die mittelst des Mikroskopes wahrnehmbaren Bewegungserscheinungen berücksichtigt haben. Wir haben damit einen Kreis von Erscheinungen in's Auge gefasst, der, wenn wir einen Vergleich in Beziehung auf grössere Thiere anstellen wollen, an Ausdehnung etwa den mit blossen Augen sicht-

---

sei. Dass dies in der That nicht der Fall, behaupte ich aus folgenden Gründen: Erstens sieht man, und zwar oft in ganz schmalen Bahnen (den sogenannten Strömchen) Kügelchen in entgegengesetzter Richtung fliessen und sich vibrirend um einander herumbewegen, wie es ganz unmöglich wäre, wenn man es hier, wie es gewöhnlich angegeben wird, mit dem Fliessen einer zähen Flüssigkeit zu thun hätte; zweitens kann man die Bewegungen des Protoplasma's ganz deutlich von denen der Körnchen unterscheiden. Es ist zu dem Zwecke am besten, den Basaltheil der Zelle in geringer Entfernung von der Zellengruppe, in die derselbe eingepflanzt ist, bei starker Vergrösserung (Hartnack syst. à immersion Nr. 10, Ocul. 3) so einzustellen, dass die Mittelebene im deutlichen Sehen ist, und somit der Durchschnitt der Protoplasmamasse zur Anschauung kommt. Man kann dann bei anhaltender Beobachtung oft ganz deutlich sehen, wie dieselbe wulstartige Hervorragungen gegen das Innere treibt, die eine Zeit lang stehen, ihre Gestalt verändern und endlich wieder verschwinden. Unabhängig geht daneben die Bewegung der Körnchen fort. Das sogenannte Protoplasma erscheint hiernach als der contractile Zellenleib, der an der Basis eine, vermöge seiner leisten- und wulstartigen Vorsprünge unregelmässige Höhle einschliesst und von einer Flüssigkeit durchströmt wird, welche zahlreiche kleine Körnchen enthält. Diese Flüssigkeit mit dem Blute des Thierleibes zu vergleichen, liegt nahe genug; aber eine solche Analogie ist werthlos, so lange wir nicht mehr als jetzt über den Bau und den Haushalt des Zellenleibes wissen.

baren Bewegungen derselben entsprechen mag. Wir haben noch keine Rücksicht genommen auf die Einrichtungen, vermöge welcher der kleine Organismus sich ernährt, wächst und seines Gleichen erzeugt, wir haben noch keine Rücksicht genommen auf die Einrichtungen, vermöge welcher er specifische Wirkungen ausübt, je nachdem er Nervenzelle, Drüsenzelle u. s. w. ist.

Bedenken wir dies alles, so müssen wir anerkennen, dass wir es mit Organismen zu thun haben, deren Complication wir zwar insofern nicht mit der der Thiere vergleichen können, als wir bis jetzt kein Recht haben, anzunehmen, dass sie sich wieder aus zahllosen kleinen Organismen zusammensetzen, von denen wir aber immerhin zugeben müssen, dass sie einen höchst kunstvollen Bau darstellen, dessen wesentliche architektonische Elemente unseren Blicken bis jetzt vollständig entzogen sind. Alle diese Elementarorganismen, thierische und pflanzliche, sehen in ihrer ersten Jugend einander ähnlich, wie auch die Embryonen der einzelnen Thierkreise, der Wirbelthiere, der Gliederthiere, der Kephalopoden und so weiter einander ähnlicher sehen, als die entwickelten Thiere. Die Beobachtung dieser Thatsache war der grosse Fund, der Theodor Schwann in den Stand setzte, die ganze Gewebelehre mit einem so hellen Lichte zu erleuchten; in Rücksicht auf die Punkte aber, durch welche seiner Meinung nach diese äussere Aehnlichkeit im inneren Baue begründet sein sollte, verfiel er in wesentliche Irrthümer.

Das Schema: Feste Zellenmembran, von Hause aus flüssiger Zelleninhalt und Zellenkern mit Kernkörperchen, ist für uns werthlos geworden, ja die Zeit ist herangerückt, wo das Anklammern an dasselbe für die weitere Entwickelung der Histologie geradezu schädlich wirkt, denn um seinetwillen werden Membranen angenommen, wo keine nachgewiesen worden sind, um seinetwillen wird der Zelleninhalt, so lange nicht im speciellen Falle geradezu das Gegentheil dargethan ist, als eine Flüssigkeit behandelt, um seinetwillen muss jede Zelle einmal einen Kern gehabt haben, wenn derselbe auch nie gesehen worden ist, um seinetwillen werden Intercellularsubstanzen angenommen, deren selbstständige von den Zellen unabhängige Ent-

wickelung sich wiederum nicht nachweisen lässt, ja im höchsten Grade unwahrscheinlich ist u. s. w.

Da der Name „Zellen“ so eng mit diesem Schema verbunden ist, so würde ich vorschlagen, ihn ganz zu verbannen, wenn sich an ihn nicht eine so ruhmvolle Periode der Histologie knüpfte. Wenn man sich von jenem Schema losgemacht hat, kann man die Elementarorganismen nach wie vor Zellen nennen, man wird darum doch wissen, was darunter zu verstehen sei, und spätere Generationen werden sich dabei der rüstigen Streiter erinnern, welche unter dem Banner der Zellentheorie das gesammte Feld der Histologie erobert haben.

XXIV.

Ueber den Einfluss des Vagus auf die Bewegung des Magens.

Von

J. M. Schiff.

Eine über diesen Gegenstand kürzlich erschienene Arbeit von Ravitsch (Du Bois und Reichert's Archiv 1861, pag. 770), die mir soeben erst zu Gesicht gekommen ist, glaubt der von mir adoptirten Ansicht entgegentreten zu müssen, dass Lähmung der Vagi die normalen Bewegungen des Magens bestehen lasse. Dies veranlasst mich zunächst einige Versuche mitzutheilen, welche ich zu anderm Zwecke im Juli vorigen Jahres angestellt habe.

Vorauszuschicken ist die bereits bekannte Thatsache, dass Speisen, die man einem Hunde giebt, dessen Vagi unterhalb des Zwerchfells resecirt sind, nicht ganz unmittelbar nach der Darreichung aus dem Magen in's Duodenum getrieben werden, sondern im Magen ruhig längere Zeit verweilen, bis ihre Auflösung, resp. Desagregation, angefangen hat und zu einem hohen Grade fortgeschritten ist. Ebenso ist es bei gesunden Hunden. Man erkennt dies am einfachsten, wenn man den letzteren und den Hunden mit resecirtem Vagus Magenfisteln angelegt hat.

Nach einigen Stunden aber findet sich bei beiden der Magen wieder leer.

Der Magen des Vagushundes entleert sich auch dann, wenn man während der Verdauung die Fistelröhre nicht geöffnet hat, um den etwaigen Reiz durch diese Manipulation zu vermeiden.

Hieraus geht hervor, dass bei gelähmtem Vagus die Aufnahme neuer Nahrung nicht *unmittelbar* als Reiz auf die Magenwände wirkt, welche hierdurch veranlasst würden, sich *sogleich* der Ingesta wieder zu entledigen [1]).

Was bewirkt aber später die Entleerung des Magens? Ra vitsch behauptet, dass nach Lähmung der Vagi die Ingesta, weil sie nicht unmittelbar als Erreger der Magenbewegung wirken, im Magen liegen bleiben müssen, bis sie verdaut und *aufgesogen* worden seien, oder bis eine neue fremde Reizung hinzutrete.

Als eine solche fremde Reizung betrachtet er offenbar die Untersuchung durch die Magenfistel, denn er verwirft alle Resultate, welche mit Hülfe dieses Verfahrens gewonnen sind.

Wir haben schon vor langer Zeit andere Versuche an Katzen mitgetheilt, wo grüne und schwarze unlösliche Farbstoffe, die in geringer Menge nach Durchschneidung der Vagi mit der Nahrung eingeführt wurden, sich im Dünndarm wiederfanden. Hier blieben die Thiere ohne Magenfistel.

Aber man könnte einwerfen, dass hier gerade die wenigen Partikel feinvertheilter Kohle ein Reiz gewesen seien, oder dass die Masse der eingeführten Nahrung genügt habe, den Magen elastisch zu spannen, so dass er durch den blossen Druck seiner Wände, ohne Bewegung, einen Theil seines Inhalts in den Dünndarm befördert habe.

Es ist daher zu zeigen, dass auch eine *geringe* Menge ganz *minimaler* Nahrung nach Durchschneidung der Vagi noch in den Darm befördert wird, ohne dass eine Magenfistel besteht, ohne dass

---

[1]) Dies versteht sich allerdings von selbst, und wird hier nur hervorgehoben, weil Ravitsch darauf besteht, dass die auf die Fortdauer der Magenbewegung zu untersuchenden Thiere nur *vor* der Vagusdurchschneidung fressen dürften. Frisst sie nach der Durchschneidung, so wirkt, wie er glaubt, schon die Aufnahme der Nahrung als directer peripherischer Bewegungsreiz.

Speise unlösliche Körper enthält, die vielleicht nach Aufsaugung des gelösten, nachträglich als fremder Reiz wirken können.

Einem Hunde waren die Vagi vor einiger Zeit unter dem Zwerchfell resecirt worden, und es hatte, wie eine spätere Probe und zuletzt die Section lehrte, keine Regeneration stattgefunden. Diesem Thiere wurde 1,5 Decimeter unterhalb des Pylorus eine Darmfistel angelegt. Nach 3 Tagen bekam das vorher mit Fleisch gefütterte und seit 14 Stunden nüchterne Thier ein Stück gekochter Leber im Volum von 60 Ccm. Drei Stunden nach der Darreichung floss aus der Darmfistel eine trübe saure Flüssigkeit, in welcher kleine bis hanfkorngrosse Stückchen Leber in geringer Anzahl suspendirt waren. Das Thier lag ruhig und zeigte keine Vomituritionen, keine deutlichen Contractionen der Bauchwände, so dass kein anomaler Druck von aussen nach dem Magen stattfand.

Analoge Resultate habe ich, nach vorheriger Fütterung mit Reis, mit Stückchen Hühnerfleisch gemacht. Auch hier traten kleine nicht ganz verdaute Fleischpartikelchen aus der Fistel des Dünndarms.

Der Vergleich zeigt, dass Dünndarmfisteln nach Vagusdurchschneidung in dieser Beziehung dieselben Erscheinungen bieten, wie bei Thieren mit unverletztem Vagus.

Schon von früher her ist es übrigens bekannt, dass wenn man Hunden nach Vagusdurchschneidung fetthaltiges Fleisch giebt, nach einigen Stunden die Lymphgefässe des Mesenteriums Fett aufgenommen haben. Ich habe nur hinzuzufügen, dass dies auch der Fall ist, wenn die gereichte Nahrungsportion noch nicht den 20sten Theil der Menge betrug, die irgend eine elastische Spannung der Magenwände herbeiführen könnte.

Also wird nach Lähmung der Vagi der Magen entleert, nicht bloss durch Aufsaugung, nicht durch den Reiz der Nahrungsaufnahme, nicht durch den Reiz unverdaulicher Speisereste, nicht durch Druck von aussen u. s. w., sondern durch Uebertritt des Inhaltes in den Dünndarm, wie er auch bei unverletzten Vagis unter denselben Bedingungen stattfindet.

Dieser Uebertritt ist nicht bedingt durch eine grössere Erschlaffung des Pylorus nach Lähmung der Vagi. Dies beweist 1) die Untersuchung an Hunden mit Magenfisteln, durch die man den Finger bis durch den Pförtner einführen kann, 2) die Untersuchung mittelst der Sonde

durch eine Fistel des Duodenum, 3) das ganz *normale* Verweilen von Brei, z. B. Reisbrei, im Magen bei der Untersuchung durch Magenfisteln. 4) Bei solchen Hunden mit Duodenumfisteln treibt äusserer Druck auf den Magen nach Darreichung von Brei nichts durch den Pylorus, oder vermehrt den normalen Uebertritt nicht mehr, als bei Hunden ohne Vaguslähmung. 5) Bei Hunden mit Magenfisteln und Vaguslähmung tritt Galle nicht häufiger in den Magen und nicht in auffallend grösserer Quantität, als bei Fistelhunden ohne Vaguslähmung.

Es bleibt also nichts übrig, als die Entleerung des nicht aufgesogenen Mageninhaltes auch nach Lähmung der Vagi den Zusammenziehungen der Magenwände zuzuschreiben, ohne anomale Reizungen derselben zu Hülfe zu nehmen.

Wenn man bei Wochen und Monate fortgesetzter Vergleichung sieht, dass zwei Fistelhunde, deren einem die Vagi resecirt waren, bei dem verschiedensten Wechsel der Nahrung ihren Magen im Allgemeinen mit gleicher Regelmässigkeit füllen, und gleich schnell und regelmässig wieder entleeren, wenn die Schwankungen bald zu Gunsten des einen, bald des andern Hundes ausfallen, so gehört viel Kühnheit oder eine unüberwindliche Ueberzeugung dazu, zu behaupten, dass bei dem einen dieser Hunde die normalen Magenbewegungen gelähmt seien, und dass die Contractionen seines Magens nach einem von dem des andern durchaus verschiedenen Mechanismus erregt werden.

Eine solche Ueberzeugung konnte aber Herrn Ravitsch schwerlich aus seinen mitgetheilten Versuchen erwachsen, die, einzeln betrachtet, durchaus nichts bieten, was mit meiner Ansicht im Widerspruch stünde. Wesentlich stützt er sich nur auf die längst bekannte und vielfach bestätigte Thatsache, dass Thiere, denen man sogleich nach dem Fressen die Vagi am Halse durchschneidet, und die man bald tödtet, den Magen weniger entleert haben, als unverletzte Thiere ebenso lange nach gleicher Mahlzeit. Wer meine Abhandlung über den Magenvagus wirklich gelesen und verstanden hat, dem wird dies nichts weniger als neu und auffallend sein.

R. glaubt aber die Resultate seiner Versuche in 9 Sätzen zusammenfassen zu können, von denen, wie er sagt (l. c. pag. 779), nur

der 5. und der 8. mit meinen Angaben übereinstimme, während die übrigen denselben „widersprechen.“

Prüfen wir kurz zuerst die *widersprechenden* Sätze.

1) „Der Vagus ist der einzige motorische Nerv des Magens.“

2) „Die Durchschneidung beider Vagi verursacht immer Sistirung der Magenbewegung.“

Diese beiden Sätze gehören hier insofern zusammen, als R. für 1) gar keine anderen Gründe vorzubringen weiss, als eben den Inhalt von 2). Da aber dieser nicht aus den Versuchen hervorgeht, vielmehr *entschieden unrichtig* ist, so fallen auch seine *Beweise* für 1). Darum muss aber der Satz 1) *selbst* noch nicht fallen. Denn die Fortdauer der normalen Magenbewegung nach Durchschneidung der Vagi beweist *nicht*, dass diese *nicht* die einzigen motorischen Nerven des Magens sind, wie ich dies in meiner Nervenphysiologie pag. 180 und 181 hervorgehoben und in meiner Schrift über den Magenvagus pag. 37 andeutend wiederholt habe. Trotzdem muss ich mich von Herrn Ravitsch (l. c. pag. 779) in sehr strengem Tone einer schulmeisterlichen Superiorität belehren lassen, dass ich durchaus mit Unrecht aus der Fortdauer der Magenbewegung schliesse, der Vagus sei kein motorischer Nerv!

Nicht die Fortdauer der Bewegung, sondern Reizversuche am Sympathicus haben mich (Magenvagus pag. 37) zu der Ansicht geführt, der Vagus sei nicht immer der *einzige* motorische Nerv des Magens. Solche Reizversuche hat jetzt auch, wie ich aus Virchow's Archiv entnehme, Adrian mit constanterem Erfolge als ich angestellt. Die Verschiedenheit der Methode wird wahrscheinlich erklären, warum mir der Versuch seltener glückte, als Adrian. Letzterer reizte den *Plexus coeliacus*, ich die Verbindungsfäden mit dem Rückenmark. —

Also Satz 1) ist falsch und Satz 2), was die normalen Magenbewegungen betrifft, gerade in sein Gegentheil umzukehren.

3) „Reizung des peripher. Endes des durchschnittenen Vagus bringt „starke Contractionen des Magens hervor.“ Dieser Thatsache habe ich in fast allen meinen Arbeiten über den Vagus auf's Entschiedenste Erwähnung gethan. (So in der von Ravitsch kritisirten Schrift

pag. 37.) Ich glaube sogar zuerst gezeigt zu haben, dass dieser Satz nicht nur, wie man seit Longet annahm, für den mit Speisen erfüllten Magen gilt, sondern auch für den *leeren*.

4) „Reizungen der Magenschleimhaut können auch nach der Trennung beider Vagi die Magenbewegung unterhalten."

Wer die ausführliche Auseinandersetzung gelesen hat, die ich in meiner Physiologie pag. 180 und an andern Orten (Magenvagus pag. 38) diesem Satze gewidmet habe, begreift schwer, wie sich Longet mit mir im Widerspruch wähnen konnte.

6) „Bei Herbivoren scheint normal die Ueberführung der Futterstoffe aus dem Magen in den Darm nur durch Reizung der Endzweige des Vagus vermittelst der von Neuem aufgenommenen Futterstoffe zu erfolgen."

Diesen Gegenstand habe ich nie öffentlich berührt, kann mich also in Betreff desselben in keinem Widerspruch befinden. Die Thatsachen, auf denen dieser Satz beruht, erkenne ich für Kaninchen an, aber nicht für alle Herbivoren. Die Beobachtungen gelten nur bedingt für Meerschweinchen und Hamster, nicht für Ratten und Wanderratten. Hingegen kann man dasselbe auch für den „normalen" Zustand eines *Fleischfressers* behaupten, des Maulwurfs. Nie aber gilt dies für die *Totalität* der Futterstoffe, sondern für einen noch im Magen befindlichen Rest, wie man dies selbst bei Kaninchen leicht erkennen kann.

7) „Die Resorption im Magen hört nach der Vagusdurchschneidung nicht auf, wird aber sehr verlangsamt, und zwar durch eine Anhäufung der Futtermassen in demselben."

Ich habe niemals Versuche über Resorption im Magen bei Anhäufung von Futterstoffen gemacht, weil solche Experimente nicht zu keinem brauchbaren Resultate führen. Dass die Resorption im Magen nach Vaguslähmung forsbesteht, ist nach meinen und Cornevin's zahl- und umfangreichen Versuchen (Magenvagus pag. 38) ganz sicher. Ob sie anfangs verlangsamt ist, darüber muss ich auch noch heute, wie damals (Magenvagus pag. 21), ausdrücklich meine Unwissenheit bekennen. Hingegen erlauben mir neuere Versuche einen bestimmten Ausspruch, dass bei Hunden oder Katzen in dem ge-

Zeitraum von 7 Stunden nach Durchschneidung der Vagi vom Magen aus nicht weniger aufgesogen wird, als bei Erhaltung der Vagi.

9) „Das Erbrechen kann durch die Contractionen des Magens „auch ohne Beihülfe anderer Muskeln zu Stande kommen."

Zu diesem Satze fügt Ravitsch auf der folgenden Seite noch hinzu:

„Die selbstständigen Bewegungen des Magens bei dem Erbre„chen, meint Schiff, werden durch die Vagusdurchschneidung nicht „beeinträchtigt." Man setze hier statt *nicht* das Wort *sehr*, und man hat meine wirkliche Ansicht, wie ich sie pag. 42 und folg. der von Ravitsch besprochenen Schrift über den Magenvagus auseinandergesetzt und durch Versuche belegt habe, die seitdem oft mit demselben Erfolge in unserm Laboratorium wiederholt worden sind. Eine weitere Erörterung über die Muskelwirkung beim Erbrechen gehört nicht hierher.

Dies wären die 7 Sätze von Ravitsch, die angeblich meinen Ansichten widersprechen.

Die beiden „übereinstimmenden" sind:

5) „Die Aufhebung der Vagusinnervation hat keinen Einfluss auf die Magensecretion."

Diesem Satze muss ich aber hinzufügen, „wenn nicht, wie un„mittelbar nach der Durchschneidung der Vagi am Halse, durch die „Operation noch andere Störungen des Gemeinbefindens gesetzt wer„den." (Magenvagus pag. 17.) Da nun Ravitsch bei allen seinen Versuchen noch andere derartige Störungen bewirkt hat, so hätte er bei genauerer Untersuchung und bei mehr Consequenz aus *seinen* Experimenten gerade das Gegentheil von Satz 5) erschliessen müssen. Ich muss also nothwendig darauf verzichten, die von mir vertheidigte Ansicht dauernd durch die Autorität des Herrn Ravitsch gestützt zu sehen.

8) „Das Gefühl des Hungers und des Durstes ist vom Vagus ganz unabhängig."

Diesen Satz gründet Herr R. auf einen einzigen Versuch an einem Pferde, das nach der Operation noch frass. So weit meine Erfahrungen reichen, würden, nach der von meinem Kritiker befolgten

Versuchsmethode, immer *nur* Pferde und keine andern Thiere der Erscheinung geboten haben. Bei Pferden kann man aber auch fast sicher auf Fortdauer des Hungers rechnen.

Somit kann ich mich auch in dieser Beziehung von Rechtswegen nur einer sehr bedingten Uebereinstimmung erfreuen.

Sollte sich aber Herr Ravitsch entschliessen können, seine Versuche, unter Berücksichtigung der zahlreichen, in den bisher über diesen vielbehandelten Gegenstand erschienenen Arbeiten enthaltenen Bemerkungen und Thatsachen zu wiederholen und fortzusetzen, so wird sicher bald jeder angebliche Widerspruch zwischen seinen und meinen Erfahrungen vollständig ausgeglichen sein.

XXV.

Zur Kenntniss der Verbreitung des Hämatin.

Von

Dr. **Alexander Rollett**,
Assistenten am physiologischen Institute der Wiener Universität [1]).

I. Der Farbestoff einer Chironomuslarve.

Unlängst kam mir eine Insektenlarve in die Hände, welche Hr. Dr. Friedrich Brauer auf meine Bitte als die Larve von *Chironomus plumosus* (Ordo *Diptera*, Fam. *Tipulariae*, Genus: *Chironomus* Fabr., Spec. *plumosus* Linn.) bestimmte, wofür ich ihm, sowie für einige literarische Nachweise, zu grossem Dank verpflichtet bin.

Die Larve hat, wie die Larven einiger verwandter Arten eine schöne rothe Farbe, welche die Aufmerksamkeit mancher Beobachter auf sich zog.

Réaumur äussert in seinen *„Mémoires pour servir à l'histoire des insectes"* über diese Larven *tipules*, wie er sie nennt: *Ils sont rouges et d'un assez beau rouge*, und in England heissen sie wegen ihrer Farbe *blood-worms*. Man findet sie sehr häufig in stehenden Gewässern.

Ich selbst erinnere mich solche rothe Larven schon in sehr früher Zeit in Bottichen, in welchen das Regenwasser der Dachrinnen

[1]) Aus den Sitzungsberichten der Wiener Akademie vom Herrn Verf. mitgetheilt.

gesammelt wurde, gesehen und mich an ihren possirlichen S tourförmigen Bewegungen erlustigt zu haben.

Die Larven, welche ich bei der gegenwärtigen Untersuchung benützt habe, fand ich im heurigen Herbste in dem Cisternenwasser des physiologischen Institutes der hiesigen Universität.

Als ich sie unter dem Mikroskope besah, erinnerten sie mich ob ihrer grossen Durchsichtigkeit, an die schöne Larve von *Corethra plumicornis,* und dies war die Veranlassung, dass ich sie oft hintereinander untersuchte. Dabei fiel mir aber der Dichroismus ihres Farbestoffes auf. Er zeigt sich, wenn man die Larve in Wasser oder in Wasser dem Glycerin zugesetzt wurde, unter dem Mikroskope liegen hat.

Dort, wo das Licht dickere Stellen einer Larve zu durchsetzen hatte, erschien eine lebhaft rothe Farbe, dort, wo sich dünnere Stellen befanden, also an Partien, welche vom Deckglase zusammengedrückt wurden, oder an den Rändern des Thieres, namentlich der Palpen, der am ersten Thoraxsegment befindlichen, fussförmigen Tentakeln, der Anhänge des Körperendes und der sogenannten Fleischfäden an den zwei verletzten Leibessegmenten erschien eine grüne Farbe.

Man wurde äusserst lebhaft an die Farbenerscheinungen erinnert, welche das in einem Stück einer kleinen Vene zwischen zwei Ligaturen abgesperrte Froschblut zeigt, wenn man dasselbe sammt dem herausgeschnittenen Venenstück unter Glycerin und mit einem Deckgläschen bedeckt durch das Mikroskop ansieht.

Kurz der Befund stimmte mit den dichroitischen Erscheinungen überein, deren Vorhandensein am venösen Blute Brücke [1]) zuerst nachgewiesen hat.

Diese Thatsache schien mir einer weiteren Verfolgung werth.

Ich will vorerst noch bei den dichroitischen Eigenschaften des Farbestoffes der Chironomuslarven verweilen.

Ich fand, wie ich später des weiteren erzählen will, dass, wenn man die Larven anschneidet, ein prächtig roth gefärbter Saft aus denselben herausfliesst.

---

[1]) Sitzungsberichte der Wiener Akademie Bd. XI, 1853, p. 1070 u. s. f.

In etwas bedeutender Menge kann man denselben auf folgende Weise erhalten.

Man sammelt eine grössere Anzahl Larven, wirft sie auf ausgebreitetes Filtrirpapier, um das Wasser von ihrer Oberfläche abzusaugen und hebt sie dann, jede Quetschung sorgfältig vermeidend, in ein kleines gläsernes Schälchen.

Nun schneidet man mit einer kleinen Scheere in verschiedenen Richtungen durch den ganzen Haufen, so dass jede einzelne Larve in mehrere Segmente zerschnitten wird.

Dabei tritt eine rothgefärbte Flüssigkeit aus, und man kann nun diese durch Umneigen des Schälchens an einer tiefer gelegenen Stelle sich ansammeln lassen.

Von dort wird die klare rothe Flüssigkeit mit einer langen fein ausgezogenen Glasröhre aufgesaugt und hiermit in die Kugel eines horizontal gelegten gewöhnlichen Chlorcalciumrohres (siehe organische Elementar-Analyse) eingeführt.

Dann wird das weite Ende des Chlorcalciumrohres luftdicht mit einem Korke geschlossen, durch welchen ein dünnes an beiden Enden offenes Glasröhrchen läuft. Ueber dieses sowohl, wie auch über das andere, dünne Ende des Chlorcalciumrohres wird das Ende eines Kautschukschlauches gezogen.

Dreht man diesen Apparat schnell um seine Längenachse, so breitet sich die Flüssigkeit an den Wandungen der Kugel aus, und so wie man zu drehen aufhört, fliesst sie wieder in den unteren Theil der Kugel zusammen; dabei hat man aber die beste Gelegenheit, die Farbenerscheinungen dicker und dünner Flüssigkeitsschichten neben einander zu beobachten.

Unsere Flüssigkeit zeigt nun von vorne herein immer einen geringen Grad von Dichroismus, bringt man aber das aus dem Chlorcalciumrohre herauslaufende Glasröhrchen mit einem Wasserstoff- oder Kohlensäure-Apparat in Verbindung und leitet durch längere Zeit H oder CO_2 über die rothe Flüssigkeit und schliesst dann beiderseits luftdicht ab, so bemerkt man, dass der Dichroismus der Flüssigkeit zugenommen hat. Das Roth der dicken Schichten ist bedeutend dunkler geworden, das Grün der dünnen Schichten erscheint um Vieles lebhafter.

Man beurtheilt diese Veränderungen am besten, wenn man sich immer zwei Versuche zugleich zusammensetzt, in dem einen aber die Flüssigkeit mit atmosphärischer Luft in Berührung lässt, während man über die andere eines der oben genannten Gase streichen lässt.

Dann findet man zu Ende des Versuches die Flüssigkeit in dem einen Apparat hellroth, in dem anderen dagegen dunkelroth und auffallend dichroitisch.

Ich habe diesen Versuch einige Male mit demselben Resultat wiederholt.

Hingegen ist es mir nicht gelungen, die dunkelrothe Flüssigkeit dadurch, dass ich Luft durch die Röhren saugte, oder dadurch, dass ich sie an der Luft in einem Schälchen herumschwenkte, wieder hellroth zu machen.

Um aber hier zu einem ganz scharfen Resultat zu gelangen, müsste man in der Lage sein, ein grösseres Materiale aufzuwenden.

Begnügen wir uns damit, dass wir so wie unter dem Mikroskope, so auch mit freiem Auge den Dichroismus unseres Farbestoffes in seinen natürlichen Lösungen wahrgenommen haben, und dass wir erfahren haben, dass die Bedingungen, unter welchen der Dichroismus am auffallendsten hervortritt, dieselben sind, unter welchen auch der Blutfarbestoff dichroitisch erscheint. (Brücke l. c.)

Mein hochverehrter Lehrer hat in seiner Abhandlung über den Dichroismus des Blutfarbestoffes auch nachgewiesen, dass alkalische Hämatinlösungen ausgezeichnet dichroitisch sind.

Auch in dieser Beziehung verhält sich der Farbestoff der Chironomuslarven dem Blutroth gleich. Man überzeugt sich davon durch folgendes Verfahren.

Eine Partie des rothen Larvensaftes, welcher, wie oben angegeben, durch Zerschneiden der Larven gewonnen worden war, wurde über dem Wasserbade langsam zur Trockne eingedunstet.

Der schwarzbraune Rückstand wurde mit ein paar Tropfen Kalilauge übergossen, mit einem Glasstabe untereinander gerührt und das Ganze in einer kleinen Eprouvette gelinde erwärmt. Die so erhaltene Lösung, in welcher sich unter allmäliger Klärung ein paar ungelöste

Flocken zu Boden setzten, war in dicken Schichten roth, in dünnen grün. Mit sehr viel Wasser verdünnt, färbte sie sich grün und wurde die bis zum Rand erfüllte Eprouvette durch eine darauf gedrückte Glasplatte geschlossen, so dass man sie horizontal halten und durch die ganze Länge derselben hindurchsehen konnte, so zeigte die in dünnen Schichten grüne Flüssigkeit eine blassrothe Farbe.

Es ist also die alkalische Lösung unseres Farbestoffes gleichfalls dichroitisch.

Sehr bald, nachdem ich an den Chironomuslarven einmal unter dem Mikroskope dichroitische Eigenschaften wahrgenommen hatte, kam mir der Gedanke zu untersuchen, wie und wodurch sich der Farbestoff jener Larven, welcher optisch eine solche Uebereinstimmung mit dem Hämatin zeigte, von dem letzteren unterscheiden lasse.

Ich musste ihn also zunächst auf die anderweitigen Reactionen des Hämatin prüfen.

Es wurde eine Partie der rothen Larven gesammelt.

Dieselben wurden mit Löschpapier oberflächlich abgesaugt und dann auf einer Glasplatte vollends eingetrocknet.

Hierauf wurden sie in einer kleinen Achatschale zu feinem Pulver zerrieben.

Das letztere hat ein schmutzig lichtbraunes Ansehen, getrocknetem und gepulvertem Blute ähnlich.

Eine kleine Menge dieses Pulvers brachte ich auf einen Objectträger, setzte einen Tropfen Eisessig und ein kleines Körnchen Kochsalz oder nur einen Tropfen Eisessig hinzu, bedeckte mit einem Deckgläschen und erwärmte nun vorsichtig über einer Spirituslampe so lange, bis der Eisessig unter dem Deckgläschen zu sieden anfing.

Dann legte ich mein Präparat unter das Mikroskop und durchsuchte aufmerksam das Sehfeld. Gleich beim ersten Versuch und in allen darauf folgenden fand ich auf meinem Objectträger die flach stäbchenförmigen Teichmann'schen Blutkrystalle mit allen ihren charakteristischen Eigenthümlichkeiten von der rhomboidischen Flächenansicht angefangen, bis zu den verschiedenen vom licht- zum dunkelbraun nüancirenden Farbentönen, bald in grösserer, bald in

geringerer Menge, bald in sehr grossen, bald in kleineren Krystallgestalten.

Lässt man bei solchen Präparaten den Eisessig an der Luft vollständig verdunsten, so kann man den die Krystalle enthaltenden Rückstand mit Terpentinöl durchtränken und dann in einem Tropfen Dammarlack einschliessen.

Bekanntlich hat man das Erscheinen der Teichmann'schen Krystalle nach der oben angegebenen Procedur in neuerer Zeit von vielen Seiten als das beste Erkennungsmittel des Hämatin mit Recht empfohlen [Brücke [1]), Virchow [2]), Bryk [3])].

Es haben sich nur einige grundlose Controversen über das Verfahren bei ihrer Darstellung ergeben, die sich namentlich um das Körnchen Kochsalz drehen.

Einige empfehlen diesen Zusatz, während ihn andere für überflüssig und noch andere für geradezu schädlich erklären.

Ich habe schon oben angegeben, dass ich die Krystalle mit Eisessig allein, oder mit Eisessig nach Zusatz von Kochsalz erhielt.

Bei einigen vergleichenden Versuchen, die ich in dieser Beziehung anstellte, schien es mir aber, dass ein Zusatz von Kochsalz wirklich die Abscheidung der Krystalle beschleunigt. Auch fallen sie dann, alles Andere gleichgesetzt, in der Regel etwas grösser, wenngleich nicht so zahlreich aus.

Wenn angegeben wird, man solle den Zusatz von Kochsalz vermeiden, weil beim Kochen von Eisessig und Cl Na oder bei langsamem Eindunsten von essigsaurem Natron Krystalle entstehen, welche sehr leicht mit den Farbestoffkrystallen verwechselt werden können (Landerer), und wenn man deshalb die ganze Methode verdächtigen will, so setzt man über ein sehr wichtiges Unterscheidungsmerkmal jener Salzkrystalle und der Farbestoffkrystalle in leichtsinniger Weise hinweg, und dieses Merkmal ist die charakteristische braune Färbung der Blutkrystalle.

---

[1]) Wiener med. Wochenschrift, 1857, Nr. 23.

[2]) Archiv für path. Anatomie, Bd. XII, 334.

[3]) Wiener med. Wochenschrift, 1858, Nr. 42 u. 43.

Nur wenn die Krystalle sehr klein sind und man nicht ein Körnchen, sondern eine unzweckmässig kleine Menge von Cl Na zugesetzt hätte, wäre eine Täuschung bei oberflächlicher Betrachtung möglich.

Alle diese hier in Betracht kommenden Fehlerquellen wurden aber bei den obigen Versuchen sorgfältig ausgeschlossen, und ich erhielt so eine Reihe von Präparaten, welche ich, wie gesagt, in Dammarlack eingeschlossen aufbewahre, bei welchen auch nicht der geringste Zweifel über die Echtheit der Farbestoffkrystalle auftauchen kann.

Wir haben somit eine neue Eigenschaft kennen gelernt, in welcher unser Farbestoff vollständig mit dem Hämatin übereinstimmt.

Eine weitere Eigenschaft des Hämatin ist seine Löslichkeit in schwefelsäurehaltigem Alkohol.

Sehen wir, wie der Farbestoff der Chironomuslarven sich in dieser Beziehung verhält.

Eine Portion der gepulverten Larven wird mit schwefelsäurehaltigem Weingeist übergossen und gelinde erwärmt.

Wir sehen dann, dass die aufgegossene wasserhelle Flüssigkeit sich alsbald braun färbt, während der Bodensatz immer mehr und mehr sich entfärbt und endlich als ein weisses Pulver zurückbleibt.

Wird die braune Lösung mit etwas überschüssigem Ammoniak versetzt, so färbt sie sich, wenn die Lösung concentrirt war, roth, wenn sie verdünnt war, grün. Filtrirt man diese roth oder grün gefärbte Lösung von dem entstandenen Niederschlage ab und dampft sie auf dem Wasserbade ein, so erhält man einen dunkelbraun gefärbten Rückstand, diesen kann man mit Wasser übergiessen und damit extrahiren, ohne dass er sich auflöst. Wenn man aber den so extrahirten braunen Rückstand in etwas Kalilauge aufnimmt, so erhält man wieder eine dichroitische Lösung.

Die sonst üblichen Proceduren, um das Hämatin rein zu erhalten, konnten des geringen Materiales halber bis jetzt nicht angewendet werden.

Aus demselben Grunde musste eine Elenmentar-Analyse oder eine Bestimmung des Eisenatomes unterbleiben.

Wir haben aber aus den oben angeführten Reactionen ersehen, dass unser Farbestoff in seinen Reactionen mit dem Hämatin vollständig übereinstimmt. Ich glaube ohne weiteres Bedenken aussprechen zu können, dass er nichts anders als Hämatin ist, und kann jetzt zu einer anderen Reihe von Fragen übergehen.

In einem Floh, in einer bluttrinkenden Mücke, in einem vollgesogenen Blutegel u. s. w. Hämatin zu finden, wäre eine selbstverständliche und jedweden Interesses baare Sache. Ist unsere Larve vielleicht auch ein Schmarotzer?

Es ist dies nicht der Fall, weder die Art und Weise, in welcher der Farbestoff in den Larven enthalten ist, noch die von den Entomologen angegebene und von mir selbst beobachtete Entwickelung und Lebensweise der Larven sprechen für eine solche Annahme, ja sie beweisen geradezu das Gegentheil.

Unser durchsichtiges Thier verdankt seine Farbe einem rothen Saft, welcher zwischen der keinen rothen Farbestoff enthaltenden Haut und den inneren Organen, dem Darm und seinen Adnexen, dem Ganglienstrang und den Muskeln, also in der Leibeshöhle, enthalten ist.

Legt man eine Larve, welche man aus dem Wasser gefischt und mit Filtrirpapier oberflächlich abgetrocknet hat, der Länge nach auf einen Objectträger und halbirt sie durch einen Querschnitt, so läuft der grösste Theil jenes Saftes frei aus den Schnittenden in Form eines rothen Tropfens heraus. Das Thier verblasst. Nur an den Grenzen der Leibessegmente und in den Körperanhängen sieht man noch rothe Streifen.

Hat man aber die Larven, wie früher angegeben wurde, mehrfach zerschnitten und mit etwas Wasser abgespült, so sind die einzelnen Segmente vollständig entfärbt und nur hie und da mit hellgrünen Flecken besetzt.

Diese letzteren rühren von einem festen grünen Pigment her, welches in Form von flachen, sternförmigen Ausbreitungen unter der Haut liegt. Diese Pigmentmäler sind in älteren Larven besonders ausgebildet. Sie sind etwas durchaus Verschiedenes von den grünen Stellen, welche eine unter dem Mikroskope betrachtete Larve in

Folge der dichroitischen Eigenschaften ihres diffusen Farbestoffes erkennen lässt.

Sie dürfen auch nicht verwechselt werden mit dem im Darm dieser Thiere häufig enthaltenen Blattgrün, worauf ich später zurückkommen werde.

Ich habe auf diese Pigmentmäler hier aufmerksam gemacht, damit sie jedem, der den hier behandelten Gegenstand nachuntersuchen wollte, von vorneherein bekannt seien.

Absichtlich habe ich mich des Ausdruckes rother Larvensaft früher bedient.

Sollte ich sagen, dass das Blut unserer Thiere der Träger des Farbestoffes ist, dann müsste ich unter Blut die ganze Masse jener Flüssigkeit verstehen, welche in der Leibeshöhle des Thieres enthalten ist, die Haut von innen, die Muskeln, den Ganglienstrang, den Darm und seine Adnexen aber von aussen umspült.

Jeder, der den jetzigen Stand der vergleichenden Anatomie und Physiologie der Insekten kennt, wird aber zugeben, dass man sich noch nicht vollständig darüber geeinigt hat, was man bei diesen nach den herrschenden Ansichten eines in sich geschlossenen Gefässsystemes entbehrenden Thieren das Blut nennen will, und dass in dieser Beziehung noch eine Menge von Willkürlichkeiten und subjectiven Anschauungen an der Stelle bestimmter Begriffe herrschen.

Organisirte Elemente, welche der Träger des Farbestoffes wären, kommen in dem aus einer halbirten Larve austretenden rothen Tropfen nicht vor. Ich überzeugte mich davon mittelst eines neuen Hartnack'schen Immersionsmikroskopes, also durch das beste uns jetzt zu Gebote stehende Vergrösserungsmittel.

Wenn man aber ein Thier, dessen Rückengefäss noch kräftig pulsirt, unter dem Mikroskope beobachtet, so sieht man nur sehr spärliche, den weissen Blutkörperchen der höheren Thiere ähnliche Elemente, welche einzeln oder in geringer Zahl neben einander, meist dicht unter der Haut liegen, synchron mit den Stössen des Gefässes in der rothen Flüssigkeit flottiren, ohne dass sie ihren Ort wesentlich verändern würden.

Ich gehe jetzt über zur Entwickelung und Lebensweise der Chironomuslarven.

Ueber die Entwickelung einer sehr verwandten Art *Chironomus tricinctus* hat Ellenberger [1]) eine Arbeit geliefert.

Es giebt an, dass die Larven dieser Art auf *Conferva gracilis* und *lutescens* leben. Anfangs sind sie grün, werden dann röthlich und zuletzt karminroth, welche Färbung, wie Ellenberger sagt, vom Blute abhängt.

Die Larven bauen sich Hülsen aus kleinen Pflanzentheilen, welche sie mit ihren Fresszangen aneinander reihen und mit einem von den Speicheldrüsen abgesonderten Seidenfaden verbinden.

Ellenberger erklärt sich gegen die Ansicht Blanchard's, dass das Blut zwischen der äussern und innern Haut der Tracheen sich befindet.

Die Larven, mit welchen ich es bei meinen Untersuchungen zu thun hatte, entwickeln sich auf eine ganz ähnliche Weise. Auch sie sind anfänglich ungefärbt, werden dann grünlich, endlich blassroth und zuletzt tief blutroth.

Sie bauen sich gleichfalls aus Algen und den Blättern der Wasserlinse kleine Köcher, aus welchen sie, wenn man von aussen darauf drückt, hervorkriechen.

Was fressen die Larven, während sie aus dem ungefärbten in den schwach oder tiefroth gefärbten Zustand übergehen?

Mochte ich die Larven wann immer untersuchen, ich fand bei einer grossen Anzahl derselben nichts anderes als Algen oder das zernagte Parenchym der Wasserlinsen mit oder ohne Blattgrünerfüllung im Darmkanal.

Niemals konnte ich irgend etwas auffinden, was an ein rothes Blutkörperchen eines Wirbelthieres erinnerte.

Wären unsere Larven Schmarotzer, dann wären ihnen in der Cisterne, in welcher ich sie fand, überhaupt nur Frösche zu Gebote gestanden.

Ich habe niemals eines unserer Thiere sich an einen Frosch an-

---

[1]) Lotos, Zeitschrift für Naturwissenschaften, Prag, 1852, pag. 89.

beissen gesehen. Um aber volle Gewissheit in dieser Beziehung zu erlangen, stellte ich folgende Versuche an.

Ich band einen Frosch mit den Vorderbeinen an einen Bindfaden und hängte ihn darauf in ein Glas mit reinem Brunnenwasser, so dass seine Hinterbeine und der grösste Theil des Leibes unter Wasser tauchten, der Kopf aber über Wasser gehalten wurde, in dasselbe Glas gab ich etwa 10 Stück der Chironomuslarven.

Niemals sah ich auch hier eine Larve an den Frosch sich anbeissen, und mochte ich wann immer während der Versuchsdauer eine Larve aus dem Wasser fischen und untersuchen, ich fand niemals ein Froschblutkörperchen in dem Darm dieser Thiere.

Andererseits wählte ich am 12. October 5 Larven aus und sperrte sie in reinem Wasser ab, in welches ich etwas Erde, einige Algen und eine grössere Menge von Wasserlinsen warf.

Sie brachten 9 Tage in ihrem Glase zu. Am 21. October untersuchte ich sie wieder; die nachfolgende Tabelle enthält die Resultate:

12. October		21. October	
Länge der Larven in Millim.	Färbung der Larven	Länge der Larven in Millim.	Färbung der Larven
3	ungefärbt	5	schwach roth
3		6	
5	schwach roth	8	stärker roth
8	stärker roth	10	intensiv roth
8		12	

Die Larven hatten also innerhalb neun Tagen, während welcher sie nur Pflanzenkost geniessen konnten, an Körpergrösse und Intensität der Färbung zugenommen, ja zwei derselben gingen sogar aus dem ungefärbten Zustande in den gefärbten über.

Unsere Thiere sind also keine Schmarotzer, und das Hämatin, welches in denselben enthalten ist, kommt nicht als solches mit der Nahrung in sie hinein, sondern wird in ihnen aus anderen Substanzen

gebildet. Damit stimmt es auch, dass man sie so häufig, wie das schon von Linné und Réaumur angegeben wird, in Bottichen und Kübeln, in welchen Regenwasser aufgesammelt wurde, antrifft, also an einem Orte, wo zum Schmarotzen jede Gelegenheit fehlt.

Fragen wir uns nun, was ausser dem Umstande, dass wir jetzt dem rothen Farbestoff der Chironomuslarven einen ganz bestimmten Namen geben können, sich für ein weiteres Interesse an den hier abgehandelten Gegenstand knüpft, so lautet die Antwort ein Mehrfaches.

Es ist dadurch der Nachweis geliefert, dass sich die Bildung und das Vorkommen von Hämatin nicht allein auf die Wirbelthiere beschränkt, wie man bisher anzunehmen geneigt war. Nur für den Regenwurm wurde einmal vermuthungsweise die Ansicht ausgesprochen, dass die rothe Farbe seines Blutes von Hämatin herrühre, worauf ich im zweiten Theile zurückkommen werde.

Derselbe Körper, welcher im Innern der Blutkörperchen aus farblosen Substanzen gebildet wird, entsteht bei unseren Thieren in der Leibeshöhle.

Es ist offenbar, dass man den Bedingungen, unter welchen das Hämatin gebildet wird, dem Materiale, aus welchem es entsteht, bei unseren Thieren besser nachzuforschen im Stande sein wird, als dies bei der Bildung des Hämatins im Innern der Blutkörperchen der Fall ist, für die Erforschung des letzteren Processes könnte man aber vielleicht durch eine gründliche Untersuchung unseres Gegenstandes wenigstens einen Fingerzeig bekommen.

Ich werde diese Arbeit, wenn ich über eine grössere Menge dieser Thiere im nächsten Jahre zu verfügen habe, auch sicher nicht unterlassen, will aber schon hier bemerken, dass man nicht allzu sanguinische Hoffnungen auf den Erfolg einer solchen Arbeit haben darf.

Man könnte möglicher Weise über das Materiale, aus welchem und über die Bedingungen, unter welchen unsere Larven ihr Hämatin bilden, vollkommen in's Klare kommen, ohne dass man zugleich auch über die Bildung desselben Körpers im Innern der Blutkörperchen etwas erführe.

Man braucht sich nur gegenwärtig zu halten, was uns die neuere Chemie über das Entstehen desselben Zersetzungsproduktes aus mannigfach verschiedenen Substraten und Zersetzungsprocessen, was sie uns ferner über die rationellen Formeln und die Synthese organischer Substanzen gelehrt hat.

In letzterer Beziehung erinnere ich an das geläufige Beispiel des Harnstoffes, der von Wöhler aus Cyansäure und Ammoniak, von Natanson aus Phosgengas und Ammoniak dargestellt wurde, der als ein Spaltungsprodukt der Harnsäure, des Allantoin und des Kreatin erhalten werden kann.

Es ist ferner bei der Rolle, welche das Hämatin bei dem Respirationsprocess der Wirbelthiere spielt, eine höchst merkwürdige und auffallende Thatsache, dass es bei den Wirbellosen so vereinzelt, ja sogar nur in einem vorübergehenden Lebensstadium mit einem gewissen Anschein von Zufälligkeit vorkommt. Nicht einmal die Larven aller Chironomusarten sind roth gefärbt, ja die grösste Mehrzahl derselben ist gleich anderen Mückenlarven ungefärbt.

Ich glaube, dass man über die hier sich aufdrängenden Fragen durch die vergleichende Untersuchung verwandter Mückengattungen, welche ungefärbte Larven besitzen, wenigstens einigen Aufschluss erhalten dürfte.

Endlich bietet der Nachweis von Hämatin in Insektenlarven auch einiges forensische Interesse dar, worauf ich demnächst an einem anderen Orte zurückkommen werde.

In vieler Hinsicht ist also diese meine Abhandlung als eine vorläufige Mittheilung zu betrachten. Es wird endlich an den Zoologen sein, diejenigen wirbellosen Thiere namhaft zu machen, bei welchen die Gegenwart von Hämatin zu vermuthen [1]) ist, damit man so

---

[1]) Geleitet wird man bei diesen Vermuthungen durch die Farbe, aber dadurch nicht allein; der Farbestoff muss diffus in einer Flüssigkeit verbreitet oder auf solche Weise in zelligen Elementen eingeschlossen auftreten. Treffen diese Umstände nicht zu, dann hat man es wahrscheinlich nicht mit Blutroth zu thun.

Ich untersuchte z. B. ein Exemplar der prächtig rothgefärbten *Actinia mesembryanthemum*, welches ich mir aus dem hiesigen Seewasser-Aquarium verschaffte, in ganz frischem Zustande. In diesem Thiere kommt das Pigment in festen, rothen

zur vollständigen Kenntniss der Verbreitung jenes Körpers gelangen könne.

Bis jetzt kann ich diese Vermuthung in Rücksicht auf die Insekten nur für die rothen Larven der Chironomusarten, für die ähnlich roth gefärbten und durchsichtigen Larven der *Cecidomyia salicina* aussprechen.

Ob sich diese Vermuthungen bestätigen, werde ich, da das Hereinbrechen der kalten Jahreszeit mich augenblicklich daran verhindert, im nächsten Jahre zu entscheiden suchen. Auf die Ringelwürmer werde ich jetzt besonders eingehen.

II. Der Farbestoff des gefärbten Serum [1]) der Regenwürmer.

Den Ringelwürmern oder wenigstens einigen Arten derselben schreiben die Zoologen schon seit geraumer Zeit ein rothes Blut zu.

Ich kann den jetzigen Stand unserer Kenntnisse über diesen Gegenstand lange nicht so gut schildern, als dies Herr Milne Edwards in seinen *„Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux." T. I, Paris 1857, p. 104* u. f. gethan hat.

Er sagt: *„— on sait depuis longtemps, que le Lombric terrestre ou Ver de terre a du sang rouge comme celui des Vertébrés.* Cuvier *a constaté le même caractère chez un grand nombre de Vers marins et il a reconnu que tous ces animaux conformés d'après un même plan fondamental devaient constituer dans nos méthodes zoologiques un groupe particulier auquel il donna d'abord le nom de Vers à sang rouge; c'est la division qui porte aujourd'hui le nom de classe des Annélides. Mais, vers la fin du siècle dernier,* Pallas *avait déja remarqué que dans un de ces vers marins, l'Aphrodite, les vaisseaux sanguins ne renfer-*

Körnern vor. Dieser Umstand machte es schon höchst unwahrscheinlich, dass die Farbe der See-Anemone von Blutroth herrühre. Die chemische Prüfung bestätigte die Voraussetzung vollkommen. Dem in Weingeist mit Purpurfarbe löslichem Pigment gehen alle Eigenschaften des Hämatin ab.

[1]) *Serum coloré* nennt Milne Edwards den in den Gefässen mancher Anneliden vorkommenden rothen Saft (Blut dieser Thiere bei den Autoren).

ment qu' un liquide qu' il comparait à de la lymphe, c'est-à-dire une humeur incolore, et des recherches récentes ont fait voir qu'au milieu des espèces qui méritent réellement le nom de Vers à sang rouge, il s'en trouve beaucoup d'autres qui ont le sang incolore ou teinté de jaune seulement; enfin que chez d'autres encore, ce liquide est d'un vert intense. Dans une seconde classe de Vers, celle des Turbellariés, on trouve aussi des différences considérables dans la couleur du sang: en général, ce liquide y est incolore, mais dans la famille des Némertes on connaît plusieurs espèces dont le sang est rouge.

Je ne m'arrêterai donc pas ici à énumérer toutes ces variations de teinte; mais j'appelerai l'attention sur un fait plus important: c'est que lors même que chez un animal invertébré, le sang est rouge comme celui d'un Vertébré, il s'en distingue par la manière dont cette coloration est produite. Chez les Vertébrés avons nous dit, la couleur rouge du sang est due aux globules que ce liquide charrie; chez les Vers à sang rouge c'est en dissolution dans le liquide luimême que se trouve la matière colorante. C'est donc le plasma qui, jaune ou incolore, chez les Vertébrés, et offrant d'ordinaire la même teinte chez les Invertébrés, se colore parfois en jaune foncé, en rouge ou en vert chez les animaux inférieurs. Les globules ne jouent dans cette coloration aucun rôle essentiel, et d'ordinaire ces corpuscules paraissent même manquer completement dans ce liquide, qui ressemble par conséquent au sang incomplet d'un embryon de Vertébré, dans la première periode de son développement, plutôt qu'au sang parfait de ces mêmes animaux parvenus au terme de leurs métamorphoses embryogéniques.

Au premier abord l'absence complète de globules dans le sang rouge de beaucoup d'Annélides semble devoir renverser tout ce que j'ai dit relativement à l'importance du rôle que ces corpuscules organisés jouent dans l'économie animale. Mais une étude plus attentive des choses fait disparaître cette objection. En effet, ce sang rouge n'est pas le seul fluide nourricier dont les Annélides sont pourvus. Ils ont en même temps dans le système de cavités où se trouve en majeure partie le sang incolore des autres animaux articulés, un liquide qui remplit évidemment des fonctions analogues et qui resemble au sang rouge des Vertébrés aussi bien qu'au sang blanc des animaux inférieurs par la présence de globules organisés et libres.“

Milne Edwards giebt ferner noch an, dass nach den Beobachtungen von Williams in der letzteren Flüssigkeit die von Quatrefages, Wagner und Wharton Jones beschriebenen rothen Körperchen enthalten sein sollen.

Es ist offenbar, dass das Raisonnement von Milne Edwards über das gefärbte Serum der Anneliden ganz besonders beurtheilt werden müsste, wenn sich nachweisen liesse, dass der rothe Farbestoff desselben etwas von dem Hämatin der höheren Thiere verschieden ist. *A priori* die Identität beider Farbestoffe anzunehmen, ist gewiss nicht erlaubt.

Und wir sehen uns, um die Sache in's Klare zu bringen, wieder auf den Weg der chemischen Untersuchung verwiesen. Dieser Weg wurde auch schon im Jahre 1839 von Hünefeld [1]) betreten.

Er untersuchte das Blut der Regenwürmer, d. h. das in den Gefässen dieser Thiere eingeschlossene roth gefärbte Serum mikroskopisch und chemisch.

Er fand schon, dass die rothe Farbe nicht davon herrührt, dass wie bei den höheren Thieren, rothe Körperchen in der Flüssigkeit enthalten wären, sondern davon, dass ein diffuser Farbestoff im ganzen Serum verbreitet ist, was ich im vollsten Maasse bestätigen kann. Gerinnung konnte er an diesem rothen Saft keine beobachten.

Das wichtigste seiner Arbeit schien ihm aber der Nachweis, dass die rothe Flüssigkeit Eiweiss und Eisen enthalte. Man ersieht, dass durch diese Arbeit von Hünefeld keineswegs das erwiesen oder widerlegt war, was der ganzen Sache ihre eigentliche Bedeutung verleiht, ob nämlich der rothe Farbestoff des Serums Hämatin ist oder nicht.

Hr. Milne Edwards äussert sich, wo er über die chemische Zusammensetzung des Blutes der Wirbellosen spricht, in einer Anmerkung l. c. p. 208 darüber folgender Massen: „M. Hünefeld *a étudié la composition chimique du sang du Lombric terrestre et y admet l'existence de l'albumine et de l'hematosine; il en a retiré du fer. Du reste, la presence du fer ne saurait être considerée comme*

[1]) Ueber das Blut der Regenwürmer: Journal für prakt. Chemie. XVI. Band pag. 152—155.

caractèrisant chimiquement le sang rouge, car on a constaté aussi son existence chez quelques animaux à sang blanc."

Hünefeld hatte aber seine Vermuthung, dass im Blute der Regenwürmer Hämatin enthalten sei, auf nichts anderes als auf die rothe Farbe und auf den Eisengehalt gegründet.

Dieser Stand der Dinge bewog mich, bald nachdem ich meine Untersuchung an den Chironomuslarven beendigt hatte, auch den Regenwurm *(lumbricus terrestris)* in Arbeit zu nehmen.

Der Gang der Untersuchung war mir durch die Erfahrungen an jener Larve vorgezeichnet. Zuerst sah ich, ob das gefärbte Serum der Regenwürmer dichroitische Eigenschaften darbietet; man überzeugt sich leicht, dass dies der Fall ist.

Man braucht sich nur an einem Regenwurm eine Stelle aufzusuchen, welche besonders schön roth gefärbt erscheint, wenn man den Wurm gegen das Licht hält.

An dieser Stelle schneidet man mit einer der Fläche nach gekrümmten Scheere ein Stück Haut mit den darunter liegenden Muskeln aus und bringt es rasch in einen auf einem bereit gelegten Objectträger befindlichen Tropfen Glycerin.

Dann hält sich das Blut meist in hinreichender Menge in den Gefässen, und wenn man das Object mit einem Deckgläschen bedeckt unter das Mikroskop legt, nimmt man den Dichroismus auf's Schönste wahr. Dicke Schichten erscheinen roth, dünne Schichten grün.

Reinigt man den Wurm dadurch, dass man ihn, wie dies auch schon Hünefeld gethan, mehrmals durch einen Lappen von Zeug streicht, und schneidet man ihn dann unterhalb des Kopfes quer durch, so tritt aus der nach abwärts gekehrten Schnittfläche ein prächtig roth gefärbter Tropfen heraus.

In einem solchen Tropfen fand ich niemals etwas einem rothen Blutkörperchen Aehnliches.

Der Tropfen wurde dann auf einen Objectträger eingetrocknet. Ebenso ein zweiter, dritter u. s. w.

Betupft man das eingetrocknete Serum mit Kalilauge, so färbt es sich schön grün.

Setzt man aber zu einem eingetrockneten Tropfen Eisessig und

erhitzt über der Weingeistlampe bis der Eisessig eben zu sieden anfängt, und bringt das Object dann unter das Mikroskop, so findet man das ganze Sehfeld mit den charakteristischen, braungefärbten Hämatinkrystallen erfüllt.

Das Zusammentreffen aller dieser Reactionen beweist uns aber, dass der Farbestoff, welcher das Serum in den Gefässen der Regenwürmer roth färbt, ebenso wie der Farbestoff der Chironomuslarven mit dem Hämatin, welches in den Blutkörperchen der Wirbelthiere vorkommt, identisch ist. Andere Anneliden zu untersuchen hatte ich bis jetzt keine Gelegenheit.

Nach Allem, was ich oben Milne Edwards folgend mitgetheilt habe, zu urtheilen, scheinen aber bei allen rothblütigen Anneliden dieselben Verhältnisse zu bestehen.

Eine sehr merkwürdige Beobachtung habe ich hier noch anzuführen, welche zeigt, dass man den Dichroismus am Serum der Anneliden schon vor langer Zeit beobachtet hat. Hr. Milne Edwards sagt in seinen, durch die ausgedehntesten literarischen Nachweise hervorragenden *Leçons*, p. 105 und 106: M. Delle Chiaje *avait parlé de certains Annélides comme ayant du sang rouge dans une portion du système vasculaire et du sang vert dans une autre portion du même système. Mais* M. de Quatrefages *a expliqué cette anomalie en constatant que, chez quelques Annélides tubicoles des côtes de la Sicile, il est parfaitement rouge quand il est en masse, mais paraît d'un jaune verdâtre quand il est en couches minces.*"

Das Interesse, welches sich an den Nachweis von Hämatin in Regenwürmern knüpft, ist ein ähnlich Mannigfaltiges, wie das, welches wir früher bei den Chironomuslarven besprachen.

Zu Versuchen über die Entstehung des Hämatin werden sich aber unter allen Umständen die im Wasser lebenden Pflanzen fressenden Chironomuslarven besser eignen.

XXVI.

Ueber Jodkalium-Elektrolyse und Polarisation durch den Schlag des Zitterwelses [1]).

Von

E. du Bois-Reymond [2]).

§. 1. Einleitung.

Einer der ersten Versuche, die ich mit den durch Hrn. Goodsir's Güte im August 1857 in meine Hände gelangten Zitterwelsen [3]) anstellte, hatte zum Zweck, die am Multiplicator erkannte Richtung des Schlages auch mit Hülfe der Jodakalium-Elektrolyse zu bestätigen. Dabei gab sich ein beim ersten Anblick sehr fremdartiger Umstand zu erkennen, der mich zu weiteren Untersuchungen veranlasste.

Die Vorrichtung, deren ich mich dazu, in Ermangelung des von Hrn. Riess für Jodkaliumversuche angegebenen Apparates [4]) bediente, besteht, abgesehen von den Platinspitzen und den den Strom zuführenden Kupferdrähten, im Wesentlichen nur aus Glas und Kork, eine Art des Baues von Vorrichtungen, die meines Wissens von Hrn.

---

[1]) Mitgetheilt vom Herrn Verfasser aus den Monatsberichten der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 19. December 1861.

[2]) Die nachstehende Abhandlung enthält die weitere Ausführung einiger Umstände, die sich bereits in dem in der öffentlichen Sitzung am 28. Januar 1858 gehaltenen und in dieser Zeitschrift abgedruckten Vortrage: *„Ueber lebend nach Berlin gelangte Zitterwelse aus Westafrika"*, S. 127 erwähnt finden.

[3]) Diese Zeitschrift, 1858. Bd. IV. S. 91; — Bd. V. S. 109.

[4]) Repertorium der Physik u. s. w. Bd. VI, S. 306, Taf. II, Fig. 20.

v. Nörremberg herrührt. Die viereckige Glasplatte aus dickem Spiegelglase, die zugleich zur Aufnahme des mit der Lösung getränkten Fliesspapierstückes dient, trägt mittels eines angekitteten Korkes ein senkrechtes Rohr, woran sich mittels eines anderen Korkes, ein in diesen eingekittetes wagerechtes Rohr auf- und abschieben und hin- und herdrehen lässt. In zwei wiederum an letzterem Rohr ebenso beweglichen kleineren Korken stecken starke Kupferdrähte, an welche einerseits die Platinspitzen, andererseits die Zuleitungsdrähte gelöthet sind. Die letzteren Löthungen liegen im Inneren der Korke, um vor dem Abbrechen geschützt zu sein. Die Zuleitungsdrähte sind, damit keine Zerrung stattfinde, um knöcherne Knöpfe in dem an der senkrechten Säule verschiebbaren Kork gewickelt. Sie sind verschieden gefärbt, und die zugehörigen Korke mit derselben Farbe bemalt. So kann man sehr bequem den beiden Platinspitzen auf dem Fliesspapier verschiedene Abstände, Lagen und Neigungen geben, sie einzeln oder zusammen abheben, die Stromrichtung verfolgen u. s. w.

Die beste Art, die hier beschriebenen Erscheinungen wahrzunehmen, besteht darin, die Entstehung der Jodflecke von der Rückseite des Papieres aus, durch die Spiegelplatte hindurch, zu beobachten, wozu man letztere in passender Stellung in einen Halter einspannt. Das Papier war schwedisches Fliesspapier und die Jodkaliumlösung gesättigt. Es erwies sich als unnütz, die Empfindlichkeit der Vorrichtung durch Zusatz von Stärkekleister zur Jodkaliumlösung zu erhöhen. Zwischen je zwei Versuchen wurden die Platinspitzen in der Gasflamme ausgeglüht. Diese Spitzen sowohl, wie die zum Ableiten des Fischschlages angewendeten Metallsättel wurden häufig darauf untersucht, ob sie nicht bereits durch eine ihnen innewohnende Ungleichartigkeit Anlass zu einem Jodfleck gaben.

Der Fisch wurde zu den Versuchen stets in eine Wanne von der früher [1]) bezeichneten Art und Grösse gebracht, die nur soviel Wasser enthielt, dass der Rücken des Fisches eben bedeckt war. Zum Ableiten des Schlages dienten mir bei diesen Versuchen einfache Metallsättel, statt der Mumiensargdeckeln ähnlichen Vorrichtungen, welche

[1]) Diese Zeitschrift, Bd V. S. 115. 120.

ich anwende, wenn es sich darum handelt, möglichst starke Schläge zu erhalten. Hier kam es, wie die Folge lehren wird, vielmehr darauf an, mit dem den Schlag vom Fisch ableitenden Metall leicht wechseln zu können, was mit jenen Deckeln nicht so gut gegangen wäre. Die Sättel waren nach der Gestalt des Fisches an den Stellen, wo sie aufgesetzt werden sollten, nämlich den Enden des Organs, gebogene Streifen starken Bleches, von etwa 50 Millim. Länge und 10 Millim. Breite, denen in der Mitte ihrer Wölbung ein zugleich als Handhabe und zur Ableitung dienender unterirdischer Telegraphendraht angelöthet war. Die Lothstelle war sorgfältig mit Guttapercha und Bernsteinlack isolirt. Wo es nicht anders bemerkt ist, war das Metall der Sättel Platin.

Der paradoxe Umstand, der hier zu weiterer Untersuchung aufforderte, war folgender. Nach dem Ergebniss des in meiner ersten Mittheilung erzählten Versuches erwartete ich den Jodfleck unter derjenigen Spitze erscheinen zu sehen, die mit dem Schwanz des Fisches in Verbindung stand. Dies traf nicht ein, sondern es fand sich unter beiden Spitzen ein Fleck, wenn gleich der Fleck unter der dem Schwanz entsprechenden Spitze der stärkere war. Ich konnte mich nicht erinnern, bei irgend einem von denen, die bereits die Jodkalium-Elektrolyse durch den Schlag der elektromotorischen Fische versuchten, weder bei John Davy [1]) oder Matteucci [2]), die am Zitterrochen, noch bei Faraday [3]), Schönbein [4]) oder Miranda und Paci [5]), die am Zitteraal beobachteten, etwas Aehnliches gelesen zu

---

[1]) *Researches, physiological and anatomical. London 1839. vol. I. p. 15, 16, 22.*

[2]) *Bibliothèque universelle de Genève. Nouvelle Série. Novembre 1837, t. XII, p. 172, 175; — Essai sur les Phénomènes électriques des Animaux. Paris 1840. p. 50, 51; — Traité des Phénomènes électro-physiologiques des Animaux. Paris 1844, p. 154; — Lezioni di Elettro-Fisiologia ec. Torino 1856, p. 8.*

[3]) *Experimental Researches in Electricity. Reprinted from the Philosophical Transactions. vol. II. p. 6. Ser. XV, Nov. 1838. No. 1763; —* Poggendorff's Annalen u. s. w. Ergänzungsband 1842, 8. 391.

[4]) *Archives de l'Électricité, par M.* A. de la Rive etc. *1841. t. I. p. 452; —* Mittheilungen aus dem Reisetagebuche eines deutschen Naturforschers. England. Basel 1842, S. 317.

[5]) *Archives de l'Électricité etc. 1845. t. V. p. 500.*

haben. Nur an einer Stelle unter den vielen, wo Hr. Matteucci seine derartigen Versuche beschreibt, entdeckte ich zuletzt eine Spur eines solchen Verhaltens [1]). Doch scheint Hr. Matteucci nicht weiter darauf geachtet zu haben, noch hat er, so viel ich weiss, in späteren Bekanntmachungen dessen wieder gedacht. Angesichts der Stärke und Regelmässigkeit, womit sich jetzt mir in jedem neuen Versuche ein Fleck auch unter der dem Kopf entsprechenden Spitze zeigte, schien beim ersten Anblick das wichtige Ergebniss klar, dass, im Gegensatz zum Schlage jener Fische, der des Zitterwelses ein hin- und hergehender sei. Zwar zeigte auch bei diesen wiederholten Prüfungen die Nadel des gleichzeitig im Kreise befindlichen Multiplicators ganz bestimmt einen Ausschlag nur in einer Richtung, nämlich wie früher im Versuchskreis [2]) vom Schwanz zum Kopfe. Allein es könnte sehr wohl sein, dass während im Verlaufe des Schlages die Curve der Stromstärke bezogen auf die Zeit ein- oder mehreremal die Abscissenachse schnitte, sie beiderseits von dieser Achse ungleiche Flächenräume begrenzte, so dass ein Unterschied zu Gunsten der Ordinaten stattfände, welche die vom Schwanz durch den Versuchskreis zum Kopfe gerichteten Stromtheile vorstellen. Da eine solche Beschaffenheit des Schlages, wobei der Zitterwels seine Beute mit Wechselströmen tetanisirte, nach bekannten Grundsätzen gerade die geeig-

---

[1]) In den „*Leçons sur les Phénomènes physiques des Corps vivants*“ *(Paris 1847)* heisst es pag. 195, 196 wörtlich und vollständig: „*Si l'on place la torpille sur un plan isolant, en disposant sur chacune de ses faces un disque de platine, qu'on y superpose deux morceaux de papier de même dimension, après les avoir imbibés d'une solution d'hydriodate de potasse, et qu'enfin on ferme le circuit en mettant en communication les disques par un fil de platine, on ne tarde pas à constater qu'après un certain nombre de décharges données par le poisson, il se forme une tache d'une couleur jaune rougeâtre autour de l'extrémité du fil de platine qui touche le morceau de papier placé sur le platine du côté du ventre. Celui qui est sur le disque de platine en contact avec le dos, se colore également, mais plus faiblement. La solution qui imprègne le papier est donc décomposée par le courant de la torpille, et l'iode se porte au pôle positif.*“ Es ist beiläufig recht sonderbar, dass Hr. Matteucci erst durch mehrere Entladungen eines frisch gefangenen und an die Luft gebrachten Zitterrochens einen gelbröthlichen Fleck erhalten hat. Ein einziger Zitterwelsschlag erzeugt einen grossen tiefschwarzen Fleck.

[2]) Vergl. diese Zeitschrift, Bd. V. S. 121.

netste sein würde, um heftige physiologische Wirkungen auszuüben, so musste natürlich diese Vermuthung besondere Aufmerksamkeit erregen.

Indessen gab es noch eine andere Deutung der Erscheinung. Ich habe schon früher bemerklich gemacht, dass, wenn man sich der Jodkalium-Electrolyse zur Bestimmung der Stromrichtung in Inductionskreisen bedient, leicht ein Fleck unter jeder Spitze beobachtet wird, selbst wenn die sichersten Massregeln getroffen sind, damit der Strom sich nur in einer Richtung bewege, und von Funkenbildung nicht die Rede ist [1]). Der Fleck unter der negativen Spitze, den man den *secundären* nennen kann, erscheint nämlich, sobald nach Aufhören des Inductionsstromes der Kreis noch geschlossen bleibt, wie es gewöhnlich der Fall ist; und er rührt unstreitig her von dem entgegengesetzten Strome der Ladungen, welche die in Jodkaliumlösung tauchenden Platinspitzen unter dem Einfluss des Inductionsstromes angenommen haben. Dass der durch die Producte einer bestimmten Elektrolyse erzeugte secundäre Strom dieselbe Elektrolyse in entgegengesetzter Richtung bewirke, ist nicht ohne Beispiel. Hr. Poggendorff hat die besondere Tauglichkeit des platinirten Platins zu secundären Ketten darauf zurückgeführt, dass dadurch der Wasserstoff oxydirt und so unschädlich gemacht werde, den der secundäre Strom an der neuen Kathode entbinde [2]); und ich habe den Gründen für diese Annahme die Beobachtung hinzugefügt, dass Erschüttern der neuen Kathode eine zeitweise Hebung des secundären Stromes bewirke [3]).

Ganz ähnlich, wie in einem Inductionskreise, ist der Vorgang bei dem Fisch. Unmittelbar nachdem er geschlagen, bleibt der Kreis noch einige Augenblicke geschlossen, wie schnell man auch die Sättel aus dem Wasser ziehe, was man besonders rasch zu thun übrigens gewöhnlich keinen Grund hat. Während dieser Zeit muss ein secundärer Strom in umgekehrter Richtung des Fischstromes kreisen, welcher nicht allein von den Ladungen der in Jodkaliumlösung

---

[1]) Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. II. Abth. I. 1849, S. 400.
[2]) Annalen u. s. w. 1844. Bd. LXI. S. 594, 595.
[3]) Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. I. S. 190.

tauchenden Platinspitzen, sondern auch von denen der Platinsättel herrührt. Dieser secundäre Strom muss unstreitig auch unter der früheren Kathode, der neuen Anode, einen entsprechenden Jodfleck, den secundären, erzeugen. Man kann also das Auftreten des doppelten Fleckes bei dem Fischschlage auf diese Art erklären; um aber diese Möglichkeit in noch helleres Licht zu setzen, will ich zunächst noch die Bildung des secundären Fleckes durch einige Versuche erläutern.

§. 2. Untersuchung des secundären Fleckes bei der Jodkalium-Elektrolyse in Kreisen, die nach Aufhören des zersetzenden Stromes geschlossen bleiben.

Bringt man den Jodkalium-Apparat in den secundären Kreis einer hinlänglich kräftigen volta-elektrischen Inductionsvorrichtung, z. B. meines Schlitten-Magnetelektromotors bei ganz aufgeschobener Rolle, und lässt man nur einen Schliessungs- oder Oeffnungsschlag hindurchgehen, so erhält man erwähntermassen, neben dem primären Fleck unter der positiven Spitze, auch einen secundären Fleck unter der negativen Spitze. Bei der Beobachtung von der Rückseite sieht man beiläufig den primären Oeffnungsfleck rascher erscheinen, als den primären Schliessungsfleck, was die leichteste mir bekannte Art ist, sich von der grösseren Dauer des Schliessungsschlages bei gleicher sich darin abgleichender Elektricitätsmenge zu überzeugen. Den secundären Fleck sieht man, besonders deutlich bei dem Schliessungsschlage, stets erst nach dem primären und zwar gleichsam auf dessen Kosten entstehen. Der primäre Fleck schwindet in dem Masse, wie der secundäre sich ausbildet, so dass beide sich der Gleichheit nähern, und es fast unmöglich wird, zu erkennen, wie der Strom gerichtet war.

Mit der schlecht umschriebenen schwachen Bräunung des Jodkaliumpapiers, die man erhält, wenn man den Strom in Funken vom Papier zur negativen Spitze übergehen lässt, und die von Salpetersäure- [1])

---

1) Faraday, *Experimental Researches etc. Reprinted from the Philosophical Transactions. vol. I. London 1849. p. 90, 91. Ser. III. Jan. 1833. No. 322—326;* — Poggendorff's Annalen u. s. w. 1833. Bd. XXIX. S. 294—296.

und Ozonbildung herrührt, ist die Erscheinung des secundären Fleckes nicht zu verwechseln. Ohnehin würde diese Erklärung nicht auf den Schliessungsschlag passen, bei dem kein Funke zu Stande kommt. Man könnte aber gegen diese Versuche noch einwenden, dass, obschon ich mich dazu des Schlüssels bediente, die Schliessung und Oeffnung des primären Kreises doch vielleicht nicht hinlänglich sicher ausgeführt worden sei, so dass ein Hin- und Hergehen des Stromes stattgefunden habe. Die folgende Anordnung des Versuches ist geeignet, auch diesen Zweifel zu zerstreuen, und giebt zugleich Gelegenheit, noch mehrere Eigenthümlichkeiten in der Erscheinungsweise des secundären Fleckes kennen zu lernen. Die Inductionsvorrichtung bei Seite lassend, nimmt man den Jodkalium-Apparat in den Kreis einer mehrgliederigen Grove'schen Säule auf, zu der man das von mir beschriebene Rheochord [1]) als Nebenschliessung anbringt. Zwischen Säule und Rheochord sind ein Stromwender und ein Schlüssel eingeschaltet. Bei offenem Schlüssel bleibt also der Jodkalium-Apparat durch das Rheochord geschlossen, und etwa vorhandene Ladungen gleichen sich durch dasselbe im Strome ab.

Mit dieser Vorrichtung, die keinen Verdacht mehr auf einen Wechsel der Stromrichtung zulässt, gelingen zunächst ganz dieselben Wahrnehmungen, wie mit der Inductionsvorrichtung. Schliesst man den Schlüssel und öffnet ihn sogleich wieder, so erscheint unmittelbar nach dem primären ein secundärer Fleck, der in dem Masse wächst, wie jener abnimmt, und so an Stärke dem primären sich nähert.

Hält man dagegen die Säule länger geschlossen, so bleibt der secundäre Fleck aus, und zwar bei um so geringerer Dauer des Schlusses, je stärker der Strom. Setzt man aber jetzt die negative Spitze an einer neuen Stelle auf, oder wischt man sie ab und bringt sie an den früheren Ort, während die positive unberührt und unverrückt bleibt, so erscheint der secundäre Fleck.

---

[1]) Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen zu elektrophysiologischen Zwecken. In den Abhandlungen der Akademie aus dem Jahre 1862. — Vergl. A. v. Bezold, Untersuchungen über die electrische Erregung der Nerven und Muskeln. Leipzig 1861. S. 88. Taf. II. Fig. 4, 5, 6.

Dass die Bildung des secundären Fleckes einen Polarisationsstrom begleitet, ist jetzt leicht zu zeigen. Bringt man in den Umgang, der die Jodkalium-Vorrichtung enthält, einen Multiplicator, zu demselben aber eine so gute Nebenschliessung an, dass der Säulenstromzweig die Nadel nicht abzulenken vermag, und öffnet man diese Nebenschliessung einen Augenblick nach der Säule, so schlägt die Nadel in der dem Säulenstromzweig entgegengesetzten Richtung aus. Die Erzeugung dieses Stromes durch das an der Anode ausgeschiedene Jod kann man nachahmen, indem man auf das Jodkaliumpapier ein Stückchen Jod legt, und in den dadurch entstandenen Fleck die eine der beiden vorher auf ihre Gleichartigkeit geprüften Spitzen stellt. Es entsteht ein Strom, welcher die vom Jod berührte Spitze als negativ anzeigt, und von der Bildung eines secundären Fleckes an deren Spitze begleitet ist. Taucht man die eine Spitze in eine concentrirte Kalilösung, und setzt dann beide Spitzen auf das Jodkaliumpapier, so entsteht zwar auch ein Strom, welcher die mit Kali benetzte Spitze als positiv anzeigt, allein dieser Strom ist sehr viel schwächer, da er am Nervenmultiplicator nur eben wahrnehmbar ist, während der durch das Jod bewirkte die Nadel des Muskelmultiplicators auf 70—80° beständiger Ablenkung hält. Danach würde das Jod an der Anode mit dem Wasserstoff an der Kathode die Hauptrolle bei der Erzeugung des secundären Stromes spielen.

Dass der secundäre Fleck ausbleibt, wenn die Kette längere Zeit geschlossen war, aber sofort erscheint, wenn die negative Spitze abgewischt oder anderswo aufgesetzt wird, ist wohl so zu erklären, dass alsdann das an der früher negativen, jetzt positiven Spitze freiwerdende Jod das daselbst ausgeschiedene Kali zerlegt, und dass so wieder Jodkalium und Wasser entsteht. Auf dem Ausscheiden von Kalium an der früher positiven, jetzt negativen Spitze beruht umgekehrt das mit der Entwickelung des secundären Fleckes gleichen Schritt haltende Schwinden des primären. So verschwindet auch ein secundärer Fleck in kurzer Zeit unter dem Einfluss des wieder geschlossenen Stromes, der Kalium an der Kathode frei macht [1]), und durch

[1]) Vergl. Untersuchungen u. s. w. Bd. II. Abth. I. S. 400.

Umkehren des Stromes kann sogar ein sehr starker primärer Fleck zum Verschwinden gebracht werden.

Dies Alles scheint beim ersten Anblick klar, dunkel aber jetzt eigentlich bei näherer Ueberlegung das ursprüngliche Phänomen selber, die Bildung nämlich des secundären Fleckes nach kurzer Schliessung. Denn man sollte meinen, es müsse auch hier das Jod an der früheren Kathode die entsprechende Menge Kali finden, um es zu verhindern, freizuwerden, und man kann sich nicht darauf berufen, dass das Jod am Platin ausgeschieden werde, während das Kali sich bereits durch Diffusion in weiterem Umfang zerstreut habe, weil diese Betrachtung ebensogut auf die längere Schliessung passt.

Ich versuchte, den secundären Fleck auch so zu beobachten, dass ich bei geschlossener Säule die Platinspitzen vom Papier abhob, die Säule öffnete, und die Spitzen an einer anderen Stelle wieder aufsetzte. Dies gelang; doch zeigte sich dabei noch eine unerwartete Erscheinung. Wenn nämlich die Schliessung einige Zeit gedauert hatte, fuhr die positive Spitze fort, sehr stark Jod zu entwickeln, indem gleichwohl der secundäre Fleck entstand. Diese Nachwirkung der positiven Spitze erkennt man aber leicht als eine örtliche daran, dass sie unabhängig von jedem Strome auch dann vor sich geht, wenn man die positive Spitze abtrennbar macht, und sie mit einer isolirenden Pincette auf das Jodkaliumpapier setzt. Die örtliche Wirkung ist rasch vorübergehend. In meinen Versuchen war sie nach 25″ verschwunden. Abwischen der Spitze macht ihr sofort ein Ende.

Durch anhaftendes Jod, welches sich etwa in der Jodkaliumlösung auflöste, ist diese Wirkung nicht zu erklären. Eine Platinspitze, welche nicht als Anode gedient hat, in der Mitte des Fleckes und dann anderswo aufgesetzt, bringt keinen ähnlichen Fleck hervor, und die Wirksamkeit der Anode nimmt mit Dauer und Stärke des Stromes zu, da doch die anhaftende Jodmenge sehr bald eine nicht zu überschreitende Grenze erreichen muss. Nach Hrn. Faraday soll zwar bei der Jodkalium-Elektrolyse nur Jod an der Anode, Kalium (secundär Kali und Wasserstoff) an der Kathode erscheinen [1]).

---

1) *Experimental Researches etc. vol. I. p. 227. Ser. VII. Jan. 1834. No. 769;* —

Ich sehe aber zur Erklärung der örtlichen Wirksamkeit der Anode keinen Ausweg als sich zu denken, dass die Anode sich, ausser mit Jod, noch mit Ozon bekleide. Dass eine Platinspitze, welche als Anode destillirtes Wasser zersetzt hat, einen Fleck auf Jodkaliumpapier erzeugt, davon habe ich mich zum Ueberfluss mit Hrn. Dr. G. Quinke an einer sechziggliederigen Grove'schen Säule überzeugt. Ein sehr geringes Mass örtlicher Wirksamkeit erhielt die Spitze auch, als durch dieselbe eine Leydener Batterie von drei Quadratfuss Belegung, die mit sechzig $^1/_2$''' langen Funken an der Massflasche geladen worden war, mittels einer dem Knopf der inneren Belegung genäherten Nähnadel entladen wurde. Dagegen der Strom zwischen positivem und negativem Conductor einer kräftigen Elektrisirmaschine, und die Oeffnungsschläge einer sogenannten Ruhmkorff'schen Inductionsrolle die Spitze nicht hinreichend ozonisirten. Diese Art der örtlichen Wirksamkeit stimmt mit der zu erklärenden darin überein, dass sie gleichfalls sehr flüchtig ist. Nach einer Minute ist nur noch eine Spur davon übrig. Abwischen hebt sie sofort auf.

Ich kam nun auf den Gedanken, dass vielleicht der secundäre Fleck überhaupt nur auf secundärer Elektrolyse beruhe, dass nämlich das an der neuen Anode durch den Polarisationsstrom entbundene Ozon ihn erzeuge. Um diese Ansicht zu prüfen, wiederholte ich die vorigen Versuche auf einer über dem Wasserbade zur Siedhitze erwärmten Glasplatte, wo kein Ozon entstehen kann. Wirklich blieb jetzt der secundäre Fleck aus, obschon in der Stärke des Polarisationsstromes kein deutlicher Unterschied nachzuweisen war. Das Ausbleiben des Fleckes rührte also weder von dem Austrocknen des Jodkaliumpapiers in der Hitze, noch davon her, dass mit steigender Temperatur die elektromotorische Kraft der Ladungen sinkt. Ebenso vermisste ich in der Hitze die örtliche Nachwirkung der Anode, was zu bestätigen scheint, dass dieselbe von Ozon herrührt. Der primäre Fleck erschien dagegen für die gewöhnliche Wahrnehmung unverändert.

Weiter bin ich in der Erforschung des secundären Fleckes in

Poggendorff's Annalen u. s. w. 1834. Bd. XXXIII. S. 446. — Vgl. Wiedemann, Die Lehre vom Galvanismus. Braunschw. 1861. S. 329. §. 209.

dieser Richtung nicht fortgeschritten, da ich, wie die Folge lehren wird, genug für meinen Zweck davon erfahren hatte. Bei der geschilderten Sachlage halte ich es noch nicht für thunlich, eine überall einleuchtende Erklärung davon zu geben, weshalb der secundäre Fleck nur nach kurzer Schliessung ohne Weiteres, nach längerer erst dann entsteht, wenn die Kathode abgewischt oder anderswo aufgesetzt wird. Der Wasserstoff an der ursprünglichen Kathode mag dabei eine Rolle spielen, wie auch das Ozon an der ursprüngliche Anode sich jetzt an der Bildung des primären Fleckes betheiligen zu müssen scheint. Doch möchte ich mich nicht anders als an der Hand des Versuches in das Labyrinth der hier noch offenen Möglichkeiten einlassen.

Um die Bedingungen, unter denen die Jodkalium-Elektrolyse durch den Schlag des Fisches vor sich geht, vollständig nachzuahmen, müssen wir in den Kreis ausser den zur Zersetzung dienenden Platinspitzen noch ein zweites Elektrodenpaar bringen, welches die metallischen Sättel vorstellt, durch die der Schlag vom Fisch abgeleitet wird. Der Einfluss eines solchen Elektrodenpaars, wenn es aus einem vergleichsweise nur wenig polarisirbaren Metall, aus Zink z. B., besteht, beschränkt sich auf den des vergrösserten Widerstandes. Mit dem Magnetelektromotor wird der secundäre Fleck fast unwahrnehmbar. Wählt man aber das Elektrodenpaar aus Platin in Wasser oder in verdünnter Schwefelsäure, so hat es bei nicht zu grosser benetzter Platinoberfläche die sonderbare Wirkung, den secundären Fleck bei kurzer Dauer des primären Stromes, also bei Anwendung der Inductionsschläge oder bei nur augenblicklichem Schliessen der Säule, stärker als den primären werden zu lassen. Unter diesen Umständen wird somit die Jodkaliumzersetzung, wenn man die Beobachtung im ersten Augenblick versäumt, zu einem völlig trügerischen Kennzeichen der Stromrichtung. Bei längerer Schliessung zeigt sich der die Entwickelung des secundären Fleckes befördernde Einfluss des Elektrodenpaars darin, dass noch ein secundärer Fleck da erscheint, wo sonst keiner entstanden wäre.

Diese Wirkung des Elektrodenpaars beruht natürlich darauf, dass der secundäre Strom desselben sich zu dem der Jodkalium-Vorrichtung

hinzufügt. Bei kurzer Schliessung aber muss man sich das Ueberwiegen des secundären Fleckes so erklären, dass der von dem Elektrodenpaar ausgehende Polarisationsstrom den von der Jodkalium-Vorrichtung ausgehenden überdauert, welcher sein Ende erreicht, wenn der sich entwickelnde secundäre und der schwindende primäre Fleck nahe gleiche Grösse erlangt haben. In der Siedhitze fehlt auch hier der secundäre Fleck, was abermals zeigt, dass dies Ausbleiben nicht von der Verminderung der elektromotorischen Kraft der Ladungen bei steigender Temperatur herrührt, da natürlich die secundär-elektromotorische Wirkung des Elektrodenpaars unter der Siedhitze, der die Jodkalium-Vorrichtung ausgesetzt wird, nicht leiden kann.

Bei diesen Versuchen kommt beiläufig viel auf den Zustand des Platinelektrodenpaars an. Hatte ich die Elektroden kurz vorher ausgeglüht, so erschien unabhängig von der Richtung des Stromes der secundäre Fleck stärker als der primäre. Meist aber stellte sich bald eine Störung der Art ein, dass dieser Erfolg nur bei der einen Stromrichtung beobachtet wurde. Dabei verhielten sich die Elektroden an der Tangentenbussole mit 12000 Windungen und Spiegelablesung, deren Empfindlichkeit sich der des Nerven-Multiplicators nähert [1]), so gut wie gleichartig. Die Erscheinung ist also, wie es scheint, nicht einfach so zu erklären, als summire sich eine den Platinelektroden ursprünglich angehörige elektromotorische Kraft algebraisch zu der des Polarisationsstromes, sondern so, als sei diese letztere je nach ihrer Richtung zwischen den Elektroden an Grösse verschieden, wofür es an Beispielen nicht fehlt.

Zuletzt blieb mir übrig, zu untersuchen, wie der secundäre Fleck sich verhält, wenn man, statt zweier Platinspitzen, eine Spitze und eine Platte nimmt. Wurde die Platte zur Anode, die Spitze zur Kathode gemacht, so war der secundäre Fleck nach kurzer Schliessung kaum merklich, nach langer Schliessung, wenn die negative Spitze abgewischt wurde, verhältnissmässig auch schwach, vermuthlich weil mit wachsender Grösse der Anode die secundär-elektromotorische Kraft, deren Sitz sie ist (s. oben S. 556), schneller abnahm, als der Wi-

[1]) Diese Zeitschrift, 1859, S. 128.; — Abhandlungen u. s. w. aus dem Jahre 1862.

derstand des Kreises. Mit in Wasser tauchenden Platinelektroden im Kreise neigte sich, wie zu erwarten, nach kurzer Schliessung auch hier der secundäre Fleck ganz deutlich an der Spitze. War dagegen die Spitze positiv und die Platte negativ, so erschien selbst mit den Elektroden im Kreise kein secundärer Fleck an der Platte.

§. 3. Nachweis der Polarisation der Elektroden durch den Schlag des Zitterwelses.

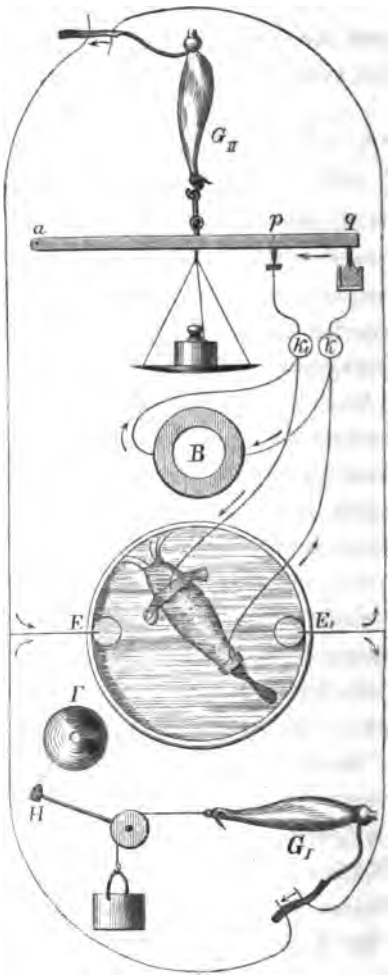
Um die vorigen Erfahrungen mit aller Sicherheit auf den Schlag des Zitterwelses anwenden zu können, wird es zweckmässig sein, uns erst noch zu überzeugen, dass wirklich dadurch Elektroden polarisirt werden. Da Polarisation auch nach dem so flüchtigen Schlage der Leydener Flasche nachgewiesen ist, so kann zwar von vorn herein kein Zweifel sein, dass auch bei den Zitterfischen dergleichen stattfinde. Allein beobachtet ist dieselbe noch von Niemand, und nur Hr. Schönbein hat meines Wissens daran gedacht, den Versuch anzustellen, ohne jedoch selber Gelegenheit dazu zu haben. Als Ersatz für die Wasserzersetzung durch den Fischstrom, die nur schwer gelingen dürfte [1]), empfiehlt er die Polarisation der Elektroden zu beobachten, welche nach seinen Untersuchungen als ein untrügliches Kennzeichen voraufgegangener Wasserzersetzung anzusehen sei. Man solle die beiden, natürlich unter sich metallisch verbundenen Sättel, nachdem sie mit dem schlagenden Fisch in Berührung gewesen, in angesäuertes Wasser tauchen, und werde alsdann von denselben einen Strom in entgegengesetztem Sinne des Fischstromes ausgehen sehen [2]). Dabei ist die Schwierigkeit zu überwinden, dass man in den die Sättel verbindenden metallischen Leiter (den Versuchskreis) den Multiplicator schnell muss einschalten können. Ich zog es statt dessen vor, den Multiplicator schon im Kreise zu haben, jedoch vor dem Schlage des Zitterfisches geschützt durch eine Nebenschliessung, welche man, um die Polarisation sichtbar zu machen, nur sobald wie möglich hin-

---

1) Hr. John Davy giebt an, dieselbe beobachtet zu haben. *Researches etc. vol. I. p. 15, 16.*

2) A. a. O. S. oben S. 571, Anm. 4.

wegzuräumen braucht, nachdem der Schlag vorüber ist. Man könnte dies zur Noth dadurch thun, dass ein Gehülfe, unmittelbar nach



dem Aufsetzen der Sättel und dem durch den Froschwecker gegebenen Signal, die Nebenschliessung entfernte; zweckmässiger ist folgende Versuchsweise.

In beistehender Figur erkennt man leicht die Versuchswanne darin den Fisch mit den ihm angelegten Platinsätteln. E, E' sind die

Boden der Wanne liegende Zinnelektroden. Die davon ausgehenden Drähte spalten sich bald jeder in zwei Zweige. Von diesen beiden Zweigen führt der eine zum Ischiadnerven eines Gastroknemius G_I, der so aufgestellt ist, dass er bei seiner Zusammenziehung den Hammer H gegen die Glocke Γ schlagen macht. Dies ist der bereits früher von mir beschriebene Froschwecker [1]), der bei allen Fischversuchen zu dem Zweck aufgestellt wird, Nachricht von jeder Entladung zu geben, so dass man mit Sicherheit weiss, dass der Fisch geschlagen hat, auch wenn eine sonst erwartete Wirkung des Schlages, dem man vielleicht etwas Unmögliches zugemuthet hat, ausgeblieben ist.

Der andere der erwähnten Zweige führt zum Ischiadnerven eines zweiten Gastroknemius G_{II}, der in dem gleichfalls bereits früher von mir beschriebenen Froschunterbrecher für den Fischstrom [2]) so angebracht ist, dass er bei seiner Zusammenziehung den Hebel apq um den Drehpunkt a hebt, und so den Stift p von der ihm zum Stützpunkte dienenden Platinplatte (der Stützplatte) löst. Man ersieht aus der Figur, wie dadurch eine Nebenschliessung entfernt wird, welche den von den Platinsätteln ausgehenden Fischschlag verhindert, sich in dem Versuchskreise bis zu der Bussole B auszubreiten. Durch das Zerreissen eines Quecksilberfadens in q wird der erneuten Schliessung des Kreises beim Nachlassen des Muskels vorgebeugt. Ich setze endlich als aus der angeführten Abhandlung bekannt voraus, wie es möglich sei, durch wachsende Ueberlastung des Muskels (im Helmholtz'schen Sinne) die Zeit bis zu einer gewissen Grenze zu verlängern, welche von dem mit dem Beginn des Fischschlages hinlänglich nahe zusammenfallenden Augenblick der Reizung bis zu dem Augenblick verstreicht, wo der Stift von der Platte gelöst wird.

Mit Hülfe dieser Anordnung gelingt es leicht, die Polarisation der Elektroden durch den Fischschlag nachzuweisen. Zu Anfang jeder Versuchsreihe zwar wird dies oft dadurch vereitelt, dass der Fisch,

---

[1]) Diese Zeitschrift Bd. V. S. 120. — Abhandlungen u. s. w. aus dem Jahre 1862.

[2]) S. ebendaselbst.

nachdem er bereits durch einen ersten Schlag die Nebenschliessung geöffnet, wiederholt schlägt, wie der Froschwecker anzeigt. Da diese Schläge alsdann durch die unbeschützte Bussole gehen, kann die Ablenkung durch den Polarisationsstrom nicht sichtbar werden, sondern der Spiegel wird in dem Sinne des ursprünglichen Fischstromes, d. h. einen Strom vom Schwanz zum Kopf im Versuchskreise anzeigend, abgelenkt. Wenn aber der Fisch zu ermüden anfängt, schlägt er bei jedem Aufsetzen der Sättel gewöhnlich nur noch einmal. Ist dabei der Muskel nur belastet, oder nur mit einem Gewichte unter einem gewissen Betrage überlastet, so erfolgt auch jetzt noch der Ausschlag im Sinne des Fischstromes. Uebersteigt dagegen die Ueberlastung eine gewisse Grenze, so hat der Ausschlag die entgegengesetzte Richtung. Dazwischen liegt ein Punkt, wo man entweder nur einen sehr kleinen Ausschlag in der einen oder der anderen Richtung erhält, oder wo die Wirkung doppelsinnig wird, d. h. man sieht zuerst den Spiegel nach der Richtung des ursprünglichen Fischstromes hinzucken, sogleich aber umkehren, und im Sinne der Ladungen abgelenkt werden. Dieser letztere Erfolg setzt jedoch voraus, dass der Spiegel sehr leicht beweglich sei.

Die Erklärung dieser Erscheinungen liegt so auf der Hand, dass ich nicht näher darauf eingehen will. Der Beweis, dass die entgegengesetzten Ausschläge wirklich von der Polarisation herrühren, ergiebt sich daraus, dass dieselben niemals beobachtet werden, wenn man die Sättel aus Zink, statt aus Platin, nimmt. Wechselt man bei grossen Ueberlastungen am ermüdeten Fisch mit Platin- und mit Zinksätteln ab, so hat stets mit den letzteren der Ausschlag die Richtung vom Schwanz zum Kopf, mit den ersteren die entgegengesetzte.

Ueber die Ueberlastung, welche nöthig ist, um bei Platinelektroden das Umschlagen der Stromrichtung herbeizuführen, lässt sich nichts Allgemeingültiges aussagen. Zunächst ist nach dem a. a. O. Dargelegten klar, dass sie mit der Grösse und mit der Leistungsfähigkeit des Froschpräparates abnehmen müsse. Schützt man z. B. den Nerven nicht vor der Austrocknung, so beobachtet man, ohne die Ueberlastung zu steigern, dieselbe Reihenfolge von Erscheinungen, die man

bei feucht gehaltenem Nerven mit wachsender Ueberlastung eintreten sieht. Allein auch von der Leistungsfähigkeit des Fisches scheint jenes Maass der Ueberlastung abzuhängen. Als ich diese Versuche im Spätherbst 1857 an den ersten in meine Hände gelangten Zitterwelsen, welche damals schon zu kränkeln anfingen, anstellte, reichte eine Ueberlastung von 50—100$^{gr.}$ aus, um den ursprünglichen Strom abzublenden. Als ich aber dieselben Versuche neuerdings an dem sehr grossen und kräftigen Fisch zu bestätigen suchte, der mir, durch die Güte meines Freundes Dr. Bence Jones in London, in diesem Augenblick zu Gebote steht [1]), fand sich dass eine Ueber-

---

[1]) An diesem Fisch zeigt sich eine sehr ausgesprochene *unipolare Wirkung*. Die Versuchswanne aus Gesundheitsgeschirr, in der sich der Fisch im Wasser befand, stand auf drei Siegellackfüssen. Eine auf dem Boden derselben liegende Zinnplatte wurde durch einen Draht mit dem Nerven eines völlig isolirten stromprüfenden Froschschenkels in Verbindung gesetzt. Berührte ich den Fisch mit einem trockenen Glasstabe, so dass er schlug, so fand keine Zuckung statt; sie trat dagegen ein, sobald der Schenkel mit nassem Finger ableitend berührt wurde. Sie blieb wieder aus, als statt dessen der Schenkel mit einer isolirten Strecke von etwa 2250 Millim. unterirdischen Telegraphendrahtes in Verbindung gesetzt wurde, die in etwa fünf Windungen aufgerollt war. Als aber der Draht geradlinig ausgestreckt wurde, fand sich die Zuckung ein. Ebenso war sie vorhanden, als statt des Drahtes der isolirte Conductor einer Elektrisirmaschine als Leiter von grosser Capacität dem Schenkel angehängt wurde. Die unipolare Wirkung oder Seitenentladung, wie man sie nun nennen will, ging hier also von einem beliebigen Punkte der Wassermasse aus, worin der Fisch im Augenblick des Schlages bald diese, bald jene Stellung gegenüber der Zinnplatte einnahm. Natürlich fand aber die Wirkung auch und unstreitig noch sicherer statt, wenn der Nerv, statt mit der Zinnplatte, mit einem der Metallsättel verbunden wurde, die ich dem Fisch zur Ableitung und Reizung zugleich aufzusetzen pflege. Die Erscheinung ist von praktischer Wichtigkeit bei Versuchen an elektromotorischen Fischen, in welchen man sich, wie dies von jetzt ab wohl öfter vorkommen dürfte, des stromprüfenden Froschschenkels als Hülfsvorrichtung bedient. Ausserdem erregte sie mein Interesse noch aus folgendem Grunde.

Ich hatte in meinem „*Vorläufigen Abriss einer Untersuchung über den sogenannten Froschstrom und über die elektromotorischen Fische*“ in Poggendorff's Annalen, Januar 1843, Bd. LVIII, S. 29, §. 74 die Möglichkeit jener Erscheinung theoretisch in Betracht gezogen. Hr. Matteucci nahm davon Anlass über den noch immer, „*et surtout dans certains ouvrages allemands*“, grassirenden Irrthum abzusprechen, als könne man von den Zitterfischen Zuckungen ohne Kettenverband erhalten. Zugleich theilte er eine Versuchsreihe am Zitterrochen mit, welche seiner

lastung von nicht weniger als 300$^{gr.}$ dazu gehörte, um denselben Erfolg zu erzielen.

Ich habe bereits in der mehrerwähnten Abhandlung auseinandergesetzt, weshalb man, ohne besondere Messungen, die ich anzustellen noch keine Musse gefunden, aus der Ueberlastung bei diesen Versuchen keinen sicheren Schluss auf die Zeit machen dürfe, welche von dem Augenblick, wo die Reizung anhebt, verfliesst bis zu dem, wo die Nebenschliessung geöffnet wird. Man kann nicht etwa in den Helmholtz'schen Versuchsreihen nachsehen, welche Zeiträume den von uns angewendeten Ueberlastungen entsprechen, und diese Bestimmungen unmittelbar auf unseren Fall übertragen. Sondern Alles, was hier vor der Hand geschlossen werden darf, ist, dass die bei dem Fischschlage in Betracht kommenden zeitlichen Verhältnisse mit denen bei der Muskelzusammenziehung von einerlei Ordnung seien. Bestätigt es sich, dass an kleinen und schwachen Fischen eine kleinere Ueberlastung als an grossen und starken genüge, um den Schlag vorübergehen zu lassen, so würde daraus aber noch ferner zu folgern sein, dass der Schlag mit der Grösse und Stärke des Fisches an Dauer wachse.

§. 4. Nähere Untersuchung des secundären Jodfleckes im Versuchskreise des Zitterwelses.

Wir kehren zur Untersuchung der durch den Fischschlag erzeugten Jodflecke zurück. Nach dem Vorigen wird es nicht mehr auffallen, dass der secundäre Fleck zu erscheinen fortfährt, auch wenn man dem Fisch Sättel aus minder polarisirbaren Metallen, Kupfer oder

---

Meinung nach diesen Irrthum widerlegen sollte. Er legte nämlich dem an die Luft gebrachten und isolirten Thier die Nerven isolirter stromprüfender Schenkel in geringer Ausdehnung an, und sah dieselben in Ruhe bleiben, wenn der Fisch schlug *(Comptes rendus etc. 8 Septembre 1845. t. XXI. p. 515; — l'Institut. No. 610. p. 319; — Archives de l'Electricité. 1845. t. V. p. 491)*. Dies befremdet nun wohl insofern als man annehmen muss, die dem Thier aufliegende Nervenstrecke sei stets bereits leistungsunfähig gewesen, keineswegs aber beweist jener Erfolg die Unmöglichkeit unipolarer Zuckungen durch die Schläge des Zitterrochens. Hr. Matteucci hatte eine Hauptbedingung für deren Stattfinden vergessen, nämlich die Gegenwart eines Leiters von ausreichender Capacität jenseits des Nerven.

Zink, statt der Platinsättel, anlegt, denn auch, wenn die Sättel völlig unpolarisirbar wären, bliebe noch die Polarisation an den Platinspitzen übrig.

Was dagegen jetzt befremden kann, ist, dass trotz der kurzen Dauer des Fischschlages bei Anwendung von Platinsätteln der secundäre Fleck nicht grösser ausfällt als der primäre. Nach dem Vorigen scheint dies nicht anders gedeutet werden zu können, als dahin, dass die Dauer des Schlages mit Rücksicht auf seine absolute Stärke doch schon zu beträchtlich ist, um eine solche Entwickelung des secundären Fleckes auf Kosten des primären zu gestatten. Um den secundären Fleck unter diesen Umständen den primären übertreffen zu lassen, würde es sonach zwei Mittel geben. Erstens die *Abkürzung* des Schlages, wobei die Jodkalium-Vorrichtung und die Platinsättel zum Kreise geschlossen bleiben müssten. Ich versuchte dies so, dass ich den Fisch mit den Sätteln nur eben berührte, augenblicks darauf aber dieselben, ohne sie aus dem Wasser zu ziehen, wieder abhob und möglichst weit fortführte, doch ohne Erfolg. Das zweite Mittel besteht in der *Schwächung* des Schlages, welche am leichtesten so geschieht, dass man die Sättel statt an den Enden des Organs, näher bei einander dem Fisch aufsetzt. Und so gelang es mir neuerdings wirklich einigemal, den secundären Fleck zum stärkeren zu machen. Damit stimmt es auch, dass ich in meinen Tagebüchern vom Herbst 1857, wo ich an kleineren und schwächeren Fischen experimentirte, die vereinzelte Angabe finde, der secundäre Fleck habe den primären übertroffen.

Die hauptsächlichste Aufgabe ist jedoch jetzt hier, den Beweis zu führen, dass der secundäre Fleck jedesmal ausbleibt, dass man den durch den Fischschlag entwickelten Ladungen die Gelegenheit zur Abgleichung nimmt. Dazu wurden abermals der Froschunterbrecher und die Jodkalium-Vorrichtung in den Versuchskreis eingeschaltet, aber diesmal nicht so, dass der Fischschlag sich zwischen sie theilte, sondern einfach hinter einander. Der Schlag fand also Anfangs freie Bahn im Versuchskreise, aber nur so lange, bis der Gastroknemius des Froschunterbrechers, dessen Ischiadnerv, wie gewöhnlich, durch einen Zweig des Fischschlages von den Zinnelektroden aus gereizt

wurde, während ein anderer Zweig zum Froschwecker ging, den Versuchskreis durch Abheben des Stiftes *p* von der Stützplatte öffnete. Bei dieser Versuchsweise erscheint niemals auch nur eine Spur eines secundären Fleckes. Bei sehr grosser Ueberlastung zwar könnte derselbe sich wieder einfinden, da, wo bei dem im vorigen Paragraphen angewendeten Verfahren doppelsinnige Ausschläge oder solche im umgekehrten Sinne des Fischschlages erfolgten. Doch ist es mir an meinem jetzigen Fisch nicht gelungen, dies mit Sicherheit zu beobachten.

Bei diesen Versuchen ist es im Allgemeinen gleichgültig, aus welchem Metall die ableitenden Sättel bestehen. In der Grösse der Ueberlastung, wobei der secundäre Fleck wieder zu erscheinen anfinge, müsste es einen kleinen Unterschied machen, ob die Sättel schwach oder stark polarisirbar sind. Diesen Umstand experimentell zu verfolgen, würde indess sehr schwierig sein.

Umgekehrt gelingt es nun auch leicht, den secundären Fleck einzeln darzustellen, indem man den Froschunterbrecher als Nebenschliessung zur Jodkalium-Vorrichtung, wie im vorigen Paragraphen zum Multiplicator, anbringt. Bei hohen Ueberlastungen bleibt alsdann der primäre Fleck ganz aus, oder er erscheint nur spurweise, weil der Polarisationsstrom entweder schon in dem Augenblick, wo die Nebenschliessung aufhört, die Oberhand hat, oder sie unmittelbar darauf erhält.

Diese Versuche beweisen jedenfalls, dass man zur Erklärung des doppelten Jodfleckes nicht anzunehmen braucht, der Schlag des Zitterwelses gehe hin und her, sondern dass der verkehrt gerichtete Polarisationsstrom dazu vollkommen ausreicht, der erwiesenermassen dem Fischschlage auf dem Fusse folgt. Einmal auf die Vorstellung gebracht, dass der Schlag jene Beschaffenheit haben könne und (vom teleologischen Gesichtspunkte aus) mit Vortheil haben würde, könnte man nun aber noch den Beweis verlangen, dass der Schlag nicht dennoch hin- und hergehe, und dass es nicht dergestalt für den secundären Jodfleck einen zweifachen Grund gebe. Bei näherer Ueberlegung indess liegt auch dieser Beweis bereits in unseren Versuchen. Denn wenn der Schlag des Zitterwelses hin- und herginge, würde es nicht gelingen, den primären und den secundären Fleck, wie wir soeben thaten, dadurch zu sondern, dass man entweder nur die eine, oder nur

die andere Hälfte des Strömungsvorganges durch die Jodkalium-Vorrichtung schickt. Höchstens könnte man vermuthen, dass vielleicht die letzten Ausläufer des Schlages, zur Zeit, wo bereits die Polarisation die Oberhand gewinnt, die umgekehrte Richtung von der Hauptmasse des Schlages besitzen, obschon man alsdann in den oben S. 564 beschriebenen Versuchen mit Zinksätteln und hohen Ueberlastungen doch dann und wann einen verkehrten Ausschlag erhalten müsste.

Allein es giebt schliesslich noch eine Art, das Entstehen des secundären Fleckes durch den Fischschlag zu verhindern, wodurch auch diese Möglichkeit abgeschnitten wird. Sie besteht darin, den Versuch auf einer siedheissen Glasplatte anzustellen. Alsdann bleibt jede Spur eines Fleckes an der mit dem Kopf verbundenen Platinspitze aus. Hätte der Schlag irgend welche vom Kopf zum Schwanz im Versuchskreise gerichtete Theile, so müsste ein doppelter Fleck erscheinen, denn nur ein secundärer Fleck wird, wie wir sahen (S. 558), durch die Siedhitze am Entstehen verhindert.

§. 5. Schlussbemerkungen.

Vielleicht dass es möglich wäre, sich noch auf einem anderen Wege zu vergewissern, dass der Schlag des Zitterwelses nicht hin- und hergehe. Dazu ist uns, vornehmlich durch die schönen Untersuchungen des Hrn. Paalzow über die Natur des Schlages der Leydener Flasche, in jüngster Zeit der Weg gebahnt worden [1]). Es ist zwar kaum zu hoffen, dass der Schlag des Zitterwelses eine Geissler'sche Röhre durchdringen werde [2]). Aber man wird wenigstens damit den Savary'schen Magnetisirungsversuch [3]) anstellen können, dessen durch Hrn. Helmholtz gegebene Deutung [4]) jetzt durch Hrn. Feddersen und Hrn. Paalzow bestätigt ist. Werden in verschiedenem Abstand von einem geradlinig ausgespannten Drahte, durch den man den Zitter-

---

[1]) Monatsberichte der Berliner Akademie u. s. w. 1860, S. 497; — 1861, S. 880. — Poggendorff's Annalen u. s. w. 1861, Bd. CXII, S. 567.

[2]) Diese Zeitschrift, Bd. V. S. 127.

[3]) Poggendorff's Annalen u. s. w. 1826, Bd. VIII, S. 352; — 1827, Bd. IX, S. 443; — Bd. X, S. 73.

[4]) Ueber die Erhaltung der Kraft u. s. w. Berlin 1847, S. 44.

welsschlag schickt, passend angebrachte Stahlnadeln sämmtlich in gleichem Sinne magnetisirt, oder empfangen solche Nadeln im Inneren einer Magnetisirungsrolle stets die gleiche Polarität, welches auch die Stärke sei, in der man den Schlag durch die Rolle sendet: so wird die Gewissheit noch gesteigert sein, mit der wir schon jetzt behaupten können, dass der Zitterwelsschlag nur in einerlei Sinne erfolge. Ich habe noch nicht Musse gefunden, diese Versuche anzustellen.

Wie die Sachen stehen, ist kein Grund anzunehmen, dass der doppelte Jodfleck eine dem Zitterwelsschlage eigenthümliche Wirkung sei, vielmehr nicht zu zweifeln, dass er sich am Zitterrochen und Zitteraal unter geeigneten Umständen ebenso zeigen müsse. Auch hat ihn am Zitterrochen unstreitig bereits einmal Hr. Matteucci vor Augen gehabt. Wie aber Hr. Matteucci selber bei so vielen anderen Gelegenheiten, wie sodann die übrigen Beobachter am Zitterrochen und Zitteraal diese Erscheinung haben übersehen können, ist nicht leicht zu verstehen. Bei seinen ältesten Versuchen zwar bediente sich Hr. Matteucci unzweckmässig zweier Platinbleche, aber bei seinen neuesten Versuchen hatte er, wie auch John Davy, Schönbein und Miranda und Paci, gleich uns zwei Drähte, und wenn kein besonderer Grund für das Gegentheil da war, hätte sich in allen diesen Fällen der secundäre Fleck ebenso deutlich wie in dem unsrigen zeigen müssen.

Da ich mich namentlich mit Hrn. Faraday hier sehr ungern im Widerspruch sah, so wollte ich nicht unterlassen, durch treue Nachbildung seines Verfahrens unsere Ergebnisse so vergleichbar wie möglich zu machen. Hr. Faraday leitete den Schlag mit Kupfersätteln ab, und schickte ihn bald von einer Platinspitze durch die Jodkaliumlösung zu einer Platinplatte, bald umgekehrt von der Platte zur Spitze. Er wiederholte den Versuch häufig, denn mit Hülfe dieses Prüfungsmittels gelangte er zu dem wichtigen Satze, dass jeder mehr nach vorn gelegene Punkt des Zitteraales sich positiv verhält gegen jeden mehr nach hinten gelegenen. Gleichwohl sagt er a. a. O. (s. oben S. 551, Anm. 3.) ganz bestimmt: „*Whenever the wire was in conjunction with the conductor at the fore part of the Gymnotus, iodine appeared at its extremity; but when connected with the other conductor, none was evolved at the place on the paper where it before*

appeared.“ Dass auch gegenüber einer Platte als Anode eine Spitze als Kathode den secundären Fleck entwickeln könne, ist bereits oben S. 560. 561 gezeigt worden, und überdies hatte Hr. Matteucci in dem einzigen Falle, wo der secundäre Fleck schon vor mir bemerkt wurde, gerade auch einen Draht zwischen zwei Platinplatten angewendet (s. oben S. 552, Anm. 1). Allerdings lagen diese dem Zitterrochen an, so dass Hr. Matteucci ausser den beiden Platinelektrodenpaaren in Jodkaliumlösung noch ein drittes mit Seewasser benetztes und den Fisch zwischen sich fassendes im Kreise hatte, während Hr. Faraday dem Zitteraal, wie gesagt, Kupfersättel aufsetzte. Jetzt setzte aber auch ich dem Zitterwels Kupfersättel auf, und liess seinen Schlag abwechselnd von Spitze zu Platte, und von Platte zu Spitze gehen; aber stets im letzteren Falle erhielt ich an der Spitze den secundären Fleck.

Ich weiss den Widerspruch, der somit hier zwischen meinen Ergebnissen und denen des grossen Entdeckers bestehen bleibt, nur so zu erklären, dass vielleicht erstens der Schlag des Zitteraals schon zu stark und anhaltend sei, damit ein secundärer Flock entstehe (s. oben S. 555), und dass vielleicht zweitens die Polarisation der Kupfersättel und der Jodkalium-Vorrichtung in Hrn. Faraday's und in meinen Versuchen etwa mit der gleichen elektromotorischen Kraft gewirkt habe, dass aber der Widerstand des Kreises in seinem Falle wegen der grösseren Länge des Zitteraals ein grösserer gewesen sei, als bei mir. Diese Deutung liesse sich begreiflich auch auf die übrigen Versuche am Zitteraal ausdehnen. Vielleicht dass auch am Zitterrochen, trotz der besseren Leitung des Seewassers, der Widerstand zu gross war, weil die Versuche an der Luft geschahen, während bei mir die Platinsättel nach dem Schlage durch die Wassermasse der Versuchswanne geschlossen blieben.

XXVII.

Die Reizung des verlängerten Marks und des Rückenmarks in ihrem Einflusse auf die Pulsfrequenz.

Von

E. Hufschmid und Jac. Moleschott.

Nachdem unsere in dem Züricher Laboratorium der Physiologie ausgeführten Untersuchungen erwiesen hatten, dass sowohl der Vagus wie der Sympathicus als Bewegungsnerven des Herzens anzusehen sind, von denen der erstere leichter, der andere weniger leicht durch starke Reize erschöpft wird [1]), lag es nahe zu untersuchen, wie sich die Frequenz des Herzschlags verhält, wenn die den genannten Nerven entsprechenden Centraltheile gereizt werden. Die betreffende Frage ist zwar schon früher aufgeworfen und ihre Beantwortung versucht worden. Budge glaubte vor Jahren ermittelt zu haben, dass Reizung des isolirten Rückenmarks bei Fröschen den Herzschlag häufiger, die des verlängerten Marks dahingegen ihn seltener macht. Da jedoch die Versuche, welche zu diesem Ergebniss zu führen schienen und welche nicht bloss von Donders [2]), sondern auch von Moleschott

---

[1]) Moleschott, über den Einfluss der Vagusreizung auf die Häufigkeit des Herzschlags, diese Zeitschrift Bd. VII, S. 401—468; Hufschmid und Moleschott, ebenda, Bd. VIII, S. 52—120; Moleschott und Nauwerck, ebenda, S. 36—51.

[2]) Donders, Physiologie des Menschen. 2. Auflage, Leipzig 1859, Bd. I, S. 56.

in einigen Fällen bestätigt worden, zu einer Zeit angestellt wurden, in welcher man der Abstufung der Stromstärke noch nicht die ganze Aufmerksamkeit widmete, die ihr nach neueren Untersuchungen gebührt, so war es gerechtfertigt diese Studien von Neuem aufzunehmen. Uns erschien dies um so mehr Bedürfniss, da wir nach unseren Erfahrungen am Vagus und am Sympathicus erwarten durften, dass es lediglich auf die Stromstärke ankommen würde, ob die Reizung des verlängerten Markes als Centrum des Vagus und die des Rückenmarkes als Centrum für den Herztheil des Sympathicus die Frequenz des Pulses vermehren oder vermindern würde, so dass die hier beabsichtigte Untersuchung als eine Controle für die Moleschott'sche Lehre von der Bedeutung des Vagus und des Sympathicus für den Herzschlag gelten kann.

Die Methode der Untersuchung war wesentlich dieselbe wie die bei den Studien über den Vagus und den Sympathicus in Anwendung gezogene, nur dass zur Reizung des verlängerten Marks ein stählerner Bohrer mit elfenbeinernem Griff durch das Hinterhauptsbein und ein stählerner Pfriem zwischen Schädel und Atlas eingebohrt, zur Reizung des Rückenmarkes oben und unten ein stählerner Pfriem in das Rückenmark gesteckt wurde.

In den mitzutheilenden Tabellen ist die Zeichensprache dieselbe wie die früher von Moleschott gebrauchte [1]).

Auf der Uhr, die bei den Zählungen benutzt wurde, sind das erste und zweite Viertel für den Secundenzeiger kürzer als das dritte und vierte, ebenso wie das bei den meisten unserer früheren Versuche und besonders bei allen denen, welche Moleschott in seiner ersten Abhandlung mitgetheilt hat, der Fall war [2]): es sind daher nur die gleichnamigen, in den Tabellen unter einander stehenden, Viertel oder die ganzen Minuten mit einander vergleichbar. Diese so einfache Bemerkung muss hier

[1]) Diese Zeitschrift, Bd. VII, S. 406.

[2]) Siehe diese Zeitschrift, Bd. VII, S. 409.

mit Sperrschrift mitgetheilt werden, weil **Rosenthal, Moleschott's** frühere deutliche Angabe aus den Augen lassend, es willkürlich gefunden hat, dass letzterer immer gleichnamige Viertel oder vielmehr ganze Minuten mit einander verglich; **Rosenthal** fand es dagegen rationeller, die letzte Viertelsminute vor und die erste während der Reizung [1]), das heisst also einen längeren Zeitraum mit einem kürzeren zu vergleichen und noch dazu mit einem kürzeren, in welchem sich, nach **Moleschott's** zahlreichen Erfahrungen, die Wirkung sehr häufig noch nicht entfaltet hat! [2]).

Alle Versuche, welche hier unten mitgetheilt werden, sind an Kaninchen angestellt. Wir haben zwar auch manche und zum Theil sehr in die Augen springende Bestätigungen am Frosch gewonnen, allein dieses Thier ist zu den betreffenden Versuchen im Ganzen weniger zu empfehlen, weil die erforderliche Blosslegung des Herzens mancherlei Störungen mit sich bringt, welche die Deutlichkeit der Resultate beeinträchtigen können.

I. Die Reizung des verlängerten Marks in ihrem Einfluss auf die Pulsfrequenz.

Die erste Frage, die wir zu beantworten wünschten, war die, ob eine schwache Reizung des verlängerten Marks, ebenso wie dies für den Vagus von Schiff und von Moleschott erwiesen ist, die Frequenz des Herzschlags zu vermehren im Stande ist. Dass dies beim Frosche wirklich der Fall ist, hat Schiff bereits gezeigt [3]). An einem grauen Kaninchen gewannen wir folgende Zahlen.

---

[1]) Rosenthal, die Athembewegungen und ihre Beziehung zum Nervus vagus, Berlin 1862, S. 261, 262.

[2]) Moleschott, a. a. O. Bd. VII, S. 412, 420, 444 et passim.

[3]) Schiff in diesen Untersuchungen, Bd. VI, S. 221 und folg.

Tabelle I.

Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des verlängerten Marks.	I.	II.	III.	IV.
1	3 h 5′	1 Daniell,			Ruhe	42	85	130	176
2	„ 6′	SO^3 10% [1]	34 C. M.	5 M.	Reizung	43	86	132	178
3	„ 7′				Ruhe	41	85	131	176
4	„ 8′	„	28 C. M.	„	Reizung	41	85	132	178
5	„ 9′				Ruhe	42	86	132	180
6	„ 10′	„	„	10 „	Reizung	44	88	135	182
	„ 11′				Ruhe	41	86	130	175
	„ 12′	„	„	50 „	Reizung	42	86	133	180
	„ 13′				Ruhe	43	86	132	178
	„ 14′				„	41	84	129	175
	„ 15′	„	„	100 „	Reizung	43	90	140	190
	„ 16′				Ruhe	45	89	133	180
	„ 17′				„	42	86	131	178
	„ 18′	„	„	„	Reizung	46	92	145	197
	„ 19′	„	„	„	„	46	94	146	199
	„ 20′				Ruhe	44	90	139	187
	„ 21′				„	43	87	135	182
	„ 22′	„	„	150 „	Reizung	44	93	141	191
	„ 23′	„	„	„	„	44	91	141	191
	„ 24′				Ruhe	43	88	138	186
	„ 25′				„	43	89	136	183
	„ 26′				„	42	89	136	183
	„ 27′	„	„	120 „	Reizung	45	92	143	190
	„ 28′				Ruhe	44	89	137	186
	„ 29′	„	„	80 „	Reizung	45	95	148	202
	„ 30′	„	„	„	„	48	99	153	208
	„ 31′	„	„	„	„	48	98	151	206
	„ 32′				Ruhe	46	94	144	196
	„ 33′				„	45	92	144	193
	„ 34′				„	43	88	136	186
	„ 35′	„	„	90 „	Reizung	46	96	149	202
	„ 36′				Ruhe	45	93	144	194
	„ 37′				„	46	94	145	194

10 Raumtheile concentrirter Schwefelsäure mit 90 Raumtheilen destillirten
s.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Rückenmarks.	I.	II.	III.	IV.
34	3 h 38′	1 Daniell,	28 C. M.	90 M.	Reizung	45	93	143	194
35	„ 39′	SO^3 10%	„	„	„	46	95	147	200
36	„ 40′	„	„	100 „	„	50	102	155	208
37	„ 41′	„	„	„	„	50	101	154	209
38	„ 42′				Ruhe	47	96	147	199
39	„ 43′				„	46	94	146	198
40	„ 44′	„	„	110 „	Reizung	48	100	153	208
41	„ 45′	„	„	„	„	49	103	158	215
42	„ 46′	„	„	„	„	51	104	160	216
43	„ 47′				Ruhe	50	100	150	204
44	„ 48′				„	46	96	144	196
45	„ 49′				„	45	94	145	195

In Nr. 2, 4, 6 und selbst in Nr. 8 ist die Frequenzvermehrung undeutlich, offenbar weil die Stärke der Ströme allzu gering war. Von Nr. 11 an dagegen brachte die Reizung jedesmal eine Frequenzvermehrung hervor, die sich im Maximum auf ein Mehr von 22 Pulsschlägen in der Minute belief (Nr. 26), eine Zunahme, die über $^1/_9$ der Pulsfrequenz in der Ruhe beträgt. Nr. 34 liefert uns ein Beispiel, in welchem die Reizung länger als eine Minute fortgesetzt werden musste, um wirksam zu werden; in der zweiten Minute der Reizung wurde ein Mehr von 6, in der dritten von 14 und in der vierten von 15 Pulsschlägen erzielt; in den darauf folgenden beiden Ruheminuten (Nr. 38 und 39) sank die Pulsfrequenz sogleich um 10 bis 11 Schläge, um bei erneuerter und etwas stärkerer Reizung (Nr. 40—42) sogleich wieder zu steigen und zwar auf ein Mehr von 10 bis 16 Schlägen. In der Ruhe darauf wieder Sinken und zwar allmälig zunehmend bis um 21 Schläge in der Minute. Kurzum die Tabelle enthält in dem Wechsel von Ruhe und Reizung so viel Controlbeobachtungen, dass wir beschlossen, dasselbe Thier zu benützen, um womöglich zu ermitteln, ob das verlängerte Mark auch nach Durchschneidung der beiden Sympathici seinen Reizzustand für die Pulsfrequenz geltend macht. Es wurden daher die Sympathici tief unten am Halse durchschnitten und darauf die nachstehende Tabelle erhalten.

Tabelle II.

Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollen-abstand.	Neben-schliess-sung.	Zustand des verlängerten Marks.	I.	II.	III.	IV.
3 h 59′				Ruhe	47	96	148	201
4 h				„	48	96	148	200
4 h 1′	1 Daniell	28 C. M.	120 M.	Reizung	49	100	154	208
„ 2′	„	„	„	„	50	103	157	214
„ 3′	„	„	„	„	50	103	160	218
„ 4′				Ruhe	49	101	155	210
„ 5′				„	48	98	150	202
„ 6′				„	45	92	143	192
„ 7′	„	„	150 „	Reizung	47	98	156	213
„ 8′	„	„	„	„	48	101	156	213
„ 9′				Ruhe	47	98	152	206
„ 10′				„	47	99	154	208
„ 11′				„	46	97	148	203
„ 12′				„	48	99	151	201
„ 13′	„	„	160 „	Reizung	50	100	154	208
„ 14′	„	„	170 „	„	50	100	153	206
„ 15′	„	„	180 „	„	51	104	166	218
„ 16′	„	„	190 „	„	50	101	154	206
„ 17′	„	„	180 „	„	48	100	156	212
„ 18′				Ruhe		98	153	207
„ 19′				„	49	98	156	203
„ 20′				„	47	97	151	205
„ 21′	„	„	„	Reizung	50	99	154	207
„ 22′	„	„	190 „	„	52	108	164	220
„ 23′	„	„	„ „	„	52	107	163	220
„ 24′				Ruhe	50	100	155	209
„ 25′				„	50	100	153	206
„ 26′				„	48	98	150	204

Die betreffenden Reizversuche lieferten in dieser Tabelle offenbar
ıen ebenso günstigen Erfolg, wie der, welcher vor der Durch-
ıneidung der Sympathici erzielt ward; als Maximum wurde in
r. 9 ein Mehr von 21 Pulsschlägen beobachtet. Sehr bezeichnend
; das allmälige Sinken der Pulsfrequenz, welches sich nach jeder
ıizung in den Ruheminuten herausstellt.

Zur Controle unternahmen wir noch einige Versuche, nachdem auch beide Vagi tief unten am Halse durchschnitten worden; die Resultate enthält:

Tabelle III.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des verlängerten Marks.	I.	II.	III.	IV.
1	4 h 29′				Ruhe	45	93	144	196
2	„ 30′				„	47	96	145	198
3	„ 31′				„	46	95	146	197
4	„ 32′	1 Daniell,	28 C. M.	190 M.	Reizung	45	94	145	196
5	„ 33′	„	„	200 „	„	45	92	143	194
6	„ 34′				Ruhe	45	93	143	194
7	„ 35′				„	44	93	144	194
8	„ 36′				„	44	93	142	192
9	„ 37′				„	45	93	143	193
10	„ 38′	„	„	210 „	Reizung	45	93	143	195
11	„ 39′				Ruhe	46	94	145	195
12	„ 40′	„	„	220 „	Reizung	46	93	143	193
13	„ 41′				Ruhe	44	92	141	191
14	„ 42′	„	„	230 „	Reizung	45	92	141	192
15	„ 43′				Ruhe	45	92	143	192
16	„ 44′	„	„	240 „	Reizung	46	94	145	197
17	„ 45′	„	„	250 „	„	44	92	141	193
18	„ 46′	„	„	260 „	„	45	93	144	195
19	„ 47′				Ruhe	46	94	146	200
20	„ 48′				„	50	100	152	206
21	„ 49′				„		94	144	196
22	„ 50′	„	„	„	Reizung	45	93	143	194
23	„ 51′	„	„	„	„	46	93	143	193
24	„ 52′				Ruhe	46	92	142	193

Nach Durchschneidung der beiden Sympathici und der beiden Vagi brachte somit die Reizung keine Vermehrung hervor; da nun der Puls durch Reizung des verlängerten Marks wohl häufiger ward, als die Vagi unversehrt, die beiden Sympathici dagegen durchschnitten waren, so deuten diese Versuche auf die Möglichkeit hin, dass die Reizung des verlängerten Marks sich nur in der Bahn der herumschweifenden Nerven zum Herzen fortpflanzt.

Es mag hier einfach darauf hingewiesen werden, dass die Durchschneidung beider Vagi wie ein Vergleich der letzten Zahlen in Tabelle II. mit den Zahlen der dritten Tabelle lehrt, nicht nur keine Vermehung, sondern eine Verminderung der Pulsfrequenz zur Folge hatte, wie wir dies auch früher schon einige Male beobachtet haben [1]). Die Kritik der zweideutigen Versuche, die neulich Küthe mitgetheilt hat, behalten wir uns für eine andere Gelegenheit vor [2]).

Ein zweites Kaninchen wurde von uns dazu verwendet zu versuchen, ob wir erst durch schwache Reizung des verlängerten Marks vermehrte, und hernach durch starke Reizung verminderte Pulsfrequenz, vielleicht auch Stillstand des Herzens hervorbringen würden. Einem weissen Weibchen wurde eine Schraube durch das Occiput und ein Pfriem zwischen Schädel und Atlas eingebohrt. Die darauf folgenden Ruhezählungen mussten ziemlich lange fortgesetzt werden, um schliesslich eine annähernd constante Pulszahl zu erhalten. Beinahe ebensoviel Mühe machte uns das Auffinden der richtigen Reizstärke. Die Anwendung der allerverschiedensten Modificationen, bei einer Nebenschliessung von 5—400 Meter führten zu keinem sprechenden Ergebniss. Erst als wir zu stärkern Reizen, von 400 Meter Nebenschliessung an aufwärts, griffen, gelang es uns, folgende Tabelle zu gewinnen.

Tabelle IV.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des verlängerten Marks.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
1	3h 47′	1 Dan.			Ruhe	44	91	139	189	
2	„ 48′	SO^3 10%	28 C. M.	400 M.	Reizg.	45	94	144	196	
3	„ 49′	„	„	450 „	„	48	96	147	200	
4	„ 50′				Ruhe	46	94	143	193	
5	„ 51′				„	44	92	141	191	
6	„ 52′	„	„	„	Reizg.	47	94	145	196	
7	„ 53′	„	„	460 „	„	48	98	150	204	

[1]) Vgl. diese Untersuchungen, Bd. VII, S. 415, 416 und Bd. VIII, S. 101—112.

[2]) Küthe, over den invloed van den nervus vagus op de hartsbeweging, p. 77. Vgl. die folgende Abhandlung.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des verlängerten Marks.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
8	3h 54′	1 Dan.	28 C. M.	470 M.	Reizg.	50	101	157	216	
9	„ 55′	SO^3 10%			Ruhe	46	94	145	196	
10	„ 56′				„	46	94	144	193	
11	„ 57′	„	„	„	Reizg.	48	96	146	199	
12	„ 58′	„	„	480 „	„	47	96	147	202	
13	„ 59′	„	„	490 „	„	47	96	149	200	
14	4h	„	„	500 „	„	50	101	155	209	
15	„ 1′				Ruhe	47	96	147	197	
16	„ 2′				„	44	93	143	192	
17	„ 3′	„	„	520 „	Reizg.	46	95	148	203	
18	„ 4′	„	„	540 „	„	51	100	153	206	
19	„ 5′	„	„	560 „	„	47	94	145	195	
20	„ 6′	„	„	540 „	„	46	94	143	193	
21	„ 7′				Ruhe	44	90	140	189	
22	„ 8′				„	45	91	140	189	
23	„ 9′	„	„	600 „	Reizg.	47	94	145	196	
24	„ 10′	„	„	620 „	„	47	94	144	195	
25	„ 11′	„	„	700 „	„	48	96	148	198	
26	„ 12′	„	„	„	„	46	94	145	196	
27	„ 13′				Ruhe	46	92	142	190	
28	„ 14′				„	46	91	141	190	
29	„ 15′	„	„	800 „	Reizg.	46	94	145	196	
30	„ 16′	„	„	900 „	„	46	95	146	197	
31	„ 17′	„	„	1000 „	„	48	95	144	194	
32	„ 18′				Ruhe	43	90	139	190	
33	„ 19′	„	„	2000 „	Reizg.	46	93	143	192	
34	„ 20′	„	„	„	„	46	93	143	193	
35	„ 21′				Ruhe	46	93	142	192	
36	„ 22′	„	„	5000	Reizg.	47	94	143	193	
37	„ 23′	„	„	10000	„	45	92	142	191	
38	„ 24′				Ruhe	48	96	148	201	
39	„ 25′	„	„	0	Reizg.	47	93	142	189	
40	„ 26′				Ruhe	45	92	143	193	
41	„ 27′	„	20 „	„	Reizg.	44	91	142	192	
42	„ 28′				Ruhe	45	90	140	189	
43	„ 29′	„	10 „	„	Reizg.	46	93	143	190	
44	„ 30′				Ruhe		92	141	189	
45	„ 31′	„	0 „	„	Reizg.	46	93		192	
46	„ 32′				Ruhe	45	91	139	187	

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des verlängerten Marks.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
47	4h 33′	1 Dan.	—4 „	0	Reizg.	43		131	178	Bauchpresse
48	„ 34′	SO^3 10%			Ruhe	44	90	139	188	
49	„ 35′	„	—8½ „	„	Reizg.	42	64	92	125	Bauchpresse
50	„ 36′				Ruhe	38		78	98	
51	„ 37′				„	22	45	70	94	
52	„ 38′	„	„	„	Reizg.	15	22	28	41	Im 2ten
53	„ 39′				Ruhe	23	43		88	Viertel
54	„ 40′	„	„	„	Reizg.	Stillst. d. ch. 10 Sec.			10	Stillstand
55	„ 41′				Ruhe	19	45	68	88	

Die erste Hälfte der obigen Tabelle mehrt die Zahl der Beispiele, in welchen eine schwache Reizung des verlängerten Marks bei unversehrten Herznerven den Puls häufiger machte. In Nr. 19 sehen wir bei einer anhaltenden und allmälig stärker werdenden Reizung die anfangs eingetretene Frequenzvermehrung in Verminderung umschlagen, wie wir ein Gleiches früher bei Vagus-Reizung wahrgenommen haben [1]). Die Hartnäckigkeit, mit welcher einige Autoren die falsche Lehre, dass der Vagus ein Hemmungsnerve des Herzens sei, vertheidigen, mag es entschuldigen, wenn wir hier von Neuem darauf hinweisen, dass dieses Factum den schönsten Beweis liefert für die Auffassung, dass die Seltenheit des Pulses, welche bei einer starken Reizung des Vagus vorkommt, als eine Ermüdungserscheinung und nicht als eine ursprüngliche Bethätigung der dem unversehrten Nerven zukommenden Eigenschaften zu deuten ist.

Von Nr. 33 an wurde in den Versuchen der Tabelle IV die Reizung zu stark gegriffen, um eine auffallende Vermehrung, und zu schwach, um eine deutliche und sicher wiederkehrende Verminderung der Pulsfrequenz zu bewirken. Als aber alle Nebenschliessung weggelassen und die Rollen theilweise über einander geschoben worden (von Nr. 47 an), wurde die Häufigkeit der Herzbewegungen durch

[1]) Diese Untersuchungen, Bd. VIII, S. 77—86.

jede Reizung herabgesetzt und zweimal sogar Stillstand des Herzens beobachtet, eine Ermüdung, von welcher sich das Thier nur unvollständig erholte.

In Folge der mehrmaligen, sehr starken Reizungen war das Thier nachgerade so sehr erschöpft, dass um 4 h 43′ vollständiger Stillstand des Herzens eintrat. Während einer nun vorgenommenen Reizung mit 1 Daniell bei — $8^1/_2$ Rollenabstand fing aber das Herz wieder an, wenn auch sehr selten, zu pulsiren. Mit dem Aufhören der Reizung trat alsbald wieder Stillstand ein. Dieser Versuch konnte noch einmal wiederholt werden, es musste aber die Reizung mit einem grossen Grove, bei einem Rollenabstand von — 4 CM. vorgenommen werden, worauf das Herz wieder selten pulsirte. Mit dem Aufhören der Reizung alsbald wieder vollkommner Stillstand. Bei nochmaliger gleich starker Reizung noch einige seltene Pulse und in der Ruhe Stillstand, es wurde sogar bei einer neuen Reizung der Rhythmus regelmässig und die Pulsation überdauerte die Reizung.

Wir glauben uns durch die mitgetheilten Versuche zu dem Ausspruche berechtigt, dass es möglich ist, die bereits erloschene Herzthätigkeit, mittelst geeigneter Reizung des verlängerten Marks, wieder anzuregen, geradeso wie wir dies früher bei Vagus-Reizung beobachtet haben [1]).

Kurzum, die in Tabelle IV verzeichneten Erfahrungen schliessen sich vollkommen an die Wirkungen der Vagus-Reizung an, so zwar dass die eine Untersuchung die andere in allen Stücken bestätigt.

Bei einem dritten Kaninchen bewirkte das Einbohren der Stahlschraube und des Pfriems in der Nähe der Grenzen des verlängerten Marks eine bedeutende Verminderung der Pulsfrequenz, nämlich von 215 bis 186, in Zeit von 4 Minuten erholte sich jedoch das Thier von dieser Ueberreizung des verlängerten Marks in der Weise, dass der Puls sich allmälig wieder bis zu seiner ursprünglichen Frequenz erhob.

Als darauf dieses Thier zu schwachen elektrischen Reizungen des verlängerten Marks benutzt wurde, ergab sich jedesmal während der Reizung eine gesteigerte Frequenz. Wir können aber hier die Angabe

---

[1]) Moleschott, in dieser Zeitschrift, Bd. VII, S. 448.

der betreffenden Zahlen füglich unterlassen, da sie nichts Neues lehren [1]). Dagegen theilen wir in der nächstfolgenden Tabelle die Zahlen mit, welche wir bei einer starken Reizung des verlängerten Marks erhielten, weil sie ein sehr schönes Beispiel enthalten für den früher von uns aufgestellten Satz, dass die Pulsfreqenz, wenn sie durch Ueberreizung des betreffenden Herznerven gesunken war, sich nur allmälig wieder erholt [2]).

Tabelle V.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des verlängerten Marks.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
1	3h 39′				Ruhe	55	109	167	226	
2	„ 40′	1 ganz grosser Grove	4 C. M.	O M.	Reizg.	6 dann 12 Sc. Stillst.		26	39	Starrkrampf beim Schliess.
3	„ 41′				Ruhe	22	52		125	
4	„ 42′				„		77	131	187	
5	„ 43′				„	51	104	160	216	
6	„ 44′				„	49	101	157	214	

Um 4 h 19′ war der Herzschlag zur Frequenz von 224 zurückgekehrt, und nun gelang es wiederholt durch gehörig abgeschwächte Reizung eine Vermehrung der Pulsfrequenz zu erzielen, die im Maximum 18 Schläge in der Minute betrug.

Wir unterlassen es, die Versuchsreihen, welche eine einfache Bestätigung des Obigen enthalten, hier mitzutheilen, um so mehr, da Hufschmid's Dissertation einen Theil derselben veröffentlicht hat. In der folgenden Tahelle begegnen wir aber einem interessanten Fall, in welchem dieselbe Reizstärke, welche anfangs den Puls häufiger

---

[1]) Ein Theil derselben ist von Hufschmid in seiner Dissertation: „Ueber den Einfluss des verlängerten Marks und des Rückenmarks auf die Pulsfrequenz", Zürich 1862, veröffentlicht.

[2]) Vgl. unsere frühere Abhandlung im vorliegenden Bande dieser Zeitschrift, S. 86 — 88, wo ähnliche Erfahrungen für den Vagus verzeichnet sind, ferner Moleschott und Nauwerck, Untersuchungen über den Einfluss der Sympathicus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags, ebendaselbst S. 47 bis 49.

machte, bei fortdauernder und zwar verhältnissmässig kurzdauernder Einwirkung die Pulsfrequenz herabsetzte. Wir heben die betreffenden Zahlen aus einer längeren bei Hufschmid veröffentlichten Tabelle hervor.

Tabelle VI.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des verlängerten Marks.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
1	3h 41′				Ruhe	43	86	131	176	
2	„ 42′				„	43	86	133	180	In d. 2ten Hälfte Zuckung.
3	„ 43′	1 Dan.	30 C.M.	160 „	Reizg.	47	96	138	163	
4	„ 44′	SO^3 10%			Ruhe	32	67	104	141	
5	„ 45′				„	33	66	107	149	
6	„ 46′				„	39	79	123	167	
7	„ 47′				„	40	82	127	172	

Nr. 3 zeigt uns, dass die angewandte Reizung in der ersten Hälfte der Minute eine Vermehrung um 10 Schläge bewirkt hatte; in dem dritten Viertel der Minute liegt zwar die Frequenz noch über der in dem gleichnamigen Viertel der Ruhe beobachteten, allein im Vergleich zum zweiten Viertel der Reizung ist sie bereits herabgesetzt, und dies will um so mehr sagen, da ja auf der Uhr, welche bei diesen Zählungen gebraucht ward, die Quadranten III und IV für den Secundenzeiger etwas grösser sind als die Quadranten I und II. In dem vierten Viertel endlich ist die Frequenz während der Reizung schon bedeutend geringer als in dem gleichnamigen Viertel der vorausgehenden Ruhe. Wir beobachten hier also in einem sehr kurzen Zeitraum den frequenzvermehrenden Erfolg der Reizung und darauf den frequenzvermindernden Erfolg der Ueberreizung, mit einer darauf folgenden langsamen Erholung in der Ruhe, welche sogar in der vierten Minute nach der Reizung kaum vollständig geworden war. Wir haben schon oben (S. 581) darauf hingewiesen, dass wir ähnliche Erfahrungen bei Vagus-Reizung gewonnen haben, nur dass sich dort der Uebergang aus dem gereizten in den überreizten Zustand erst nach längerer Anwendung der Reizung ergab. Jedenfalls verdient aber die Thatsache, dass eine

Reizung, welche bei längerer Einwirkung eine Frequenzverminderung hervorbringt, anfangs den Herzschlag vermehrte, als eine der wichtigsten auf diesem Gebiete betont zu werden. Diejenigen, welche nach den ersten Versuchen von E. Weber und Budge die Hemmungstheorie für die Innervation des Herzens durch den Vagus annahmen, standen unter dem Zauber des ersten Eindrucks, dass eine Reizung des Vagus durch inducirte Ströme, deren Stärke nicht in Frage kam, allsogleich Stillstand des Herzens bewirkte. Wäre man bei den ersten Versuchen auf einen Fall gestossen, in welchem dieselbe Reizung den Puls erst häufiger und dann seltner machte, dann würde man unstreitig die verminderte Frequenz als ein Zeichen der Ermüdung, den Stillstand des Herzens als ein Zeichen der Erschöpfung aufgefasst haben, und die Hemmungstheorie hätte die Wissenschaft mit einer Hemmung ihres Fortschritts verschont.

Nachdem wir an dem Thiere, an welchem die letzte Erfahrung gewonnen war, diejenige Reizstärke aufgesucht, welche die beste Frequenzvermehrung lieferte, durchschnitten wir die beiden Vagi, während wir die Sympathici unversehrt liessen, um zu ermitteln, ob sich hiernach durch Reizung des verlängerten Marks noch eine Vermehrung der Pulsfreqenz ergeben würde. Wir erhielten folgende Zahlen:

Tabelle VII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des verlängerten Marks.	I.	II.	III.	IV.
1	4 h 37′				Ruhe	42	85	131	176
2	„ 38′				„	40	82	127	170
3	„ 39′	1 Daniell, SO^3 10%	30 C. M.	300 M.	Reizung	41	83	125	170
4	„ 40′				Ruhe	40	82	127	172
5	„ 41′	„	„	320 „	Reizung	41	82	126	170
6	„ 42′				Ruhe	40	81	126	169
7	„ 43′	„	„	340 „	Reizung	38	81	126	170
8	„ 44′				Ruhe	41	83	127	171
9	„ 45′	„	„	350 „	Reizung	39	80	125	171
10	„ 49′				Ruhe	42	84	129	173
11	„ 50′				„	42	84	130	174
12	„ 51′	„	„	360 „	Reizung	41	84	129	173

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des verlängerten Marks.	I.	II.	III.	IV.
13	4 h 52′	1 Daniell,	30 C.M.	370 M.	Reizung	42	85	130	174
14	„ 53′	SO^3 10%			Ruhe	42	86	132	179
15	„ 54′	„	„	380 „	Reizung	42	85	130	174
16	„ 55′	„	„	400 „	„	41	66	132	179
17	„ 56′				Ruhe	43	88	134	182
18	„ 57′				„	41	85	131	176
19	„ 58′	„	„	„	Reizung	42	86	132	177
20	„ 59′	„	„	450 „	„	39	80	123	169
21	5 h	„	„	„	„		85	132	177
22	„ 1′				Ruhe	44	88	133	179

Die letzte Ruhezählung vor der Durchschneidung beider Vagi gab eine Pulsfrequenz von 176; die Zählungen in Nr. 1 und 2, welche sogleich nach der Durchschneidung der beiden Nerven vorgenommen wurden, liessen statt einer Frequenzvermehrung, wie sie von manchen Autoren als nothwendige Folge dieses Eingriffs dargestellt wird, eine Neigung zum Seltnerwerden des Pulses wahrnehmen. Wir begannen die Reizung bei einer Stromstärke, welche uns kurz vorher als die beiden Vagi noch unversehrt waren, eine Vermehrung um 18 Pulsschläge geliefert hatte, und liessen in der Voraussetzung, dass das verlängerte Mark an Reizbarkeit eingebüsst hätte, die Stromstärke durch Vermehrung des Widerstands in der Nebenschliessung allmälig wachsen; trotzdem sahen wir in keinem Falle eine irgendwie deutliche Zunahme der Pulsfrequenz. Ein einziges Mal kam eine Zunahme um 5 Schläge vor und zwar in Nr. 16, es erfolgte aber in der Ruheminute nachher statt einer Abnahme eine Zunahme der Pulsschläge, was Grund genug giebt anzunehmen, dass diese Steigerung der Pulsfrequenz in Nr. 16 nicht als eine Folge der Reizung anzusehen ist. Hiernach pflanzt sich der bewegungvermittelnde Vorgang bei Reizung des verlängerten Marks nur in der Bahn der Vagi, nicht dagegen in der Bahn der Sympathici zum Herzen fort.

Unsre Versuche berechtigen zu dem Ausspruch, *dass sich das verlängerte Mark in seinem Einfluss auf die Häufigkeit des Herzschlags*

genau so verhält, wie man es nach den Untersuchungen von Schiff *und von* Moleschott *von dem Centralorgan des Vagus erwarten muss.* Folgende Sätze fassen das Wesentlichste unserer Erfahrungen kurz zusammen:

1) Schwache elektrische Reizung des verlängerten Marks vermehrt die Pulsfrequenz.

2) Starke elektrische Reizung des verlängerten Marks ist im Stande, Verminderung der Pulsfrequenz hervorzubringen.

3) Sehr starke elektrische Reizung des verlängerten Marks erzeugt Herzstillstand.

4) Wenn die starke Reizung, welche Stillstand der Herzbewegung erzeugte, aufgehoben wird, dann stellt sich die ursprüngliche Häufigkeit des Herzschlags nur allmälig wieder her, und es ist nachher möglich, durch schwache Reizung wieder Beschleunigung der Herzbewegung hervorzurufen.

5) Starke mechanische Reizung des verlängerten Marks hat Seltnerwerden des Herzschlages zur Folge.

6) Es ist möglich vom verlängerten Mark aus die bereits erloschene Herzthätigkeit mittelst geeigneter Reizung wieder anzuregen.

7) Schwache Reizung des verlängerten Marks bewirkt auch nach Durchschneidung beider Sympathici eine Vermehrung des Herzschlags.

8) Schwache Reizung des verlängerten Marks nach Durchschneidung beider Sympathici und beider Vagi erzeugt keine Vermehrung der Pulsfrequenz.

9) Reizung des verlängerten Marks nach Durchschneidung beider Vagi hat keinen Einfluss auf die Herzbewegung, wenngleich die beiden Sympathici unversehrt sind.

10) Aus den mitgetheilten Sätzen folgt, dass die Reizung des verlängerten Marks in der Bahn der Vagi, nicht aber in derjenigen der Sympathici zum Herzen geleitet wird.

II. Die Reizung des Rückenmarks in ihrem Einfluss auf die Pulsfrequenz.

Um zu ermitteln, ob gelinde Reizung des Rückenmarks im Stande ist, die Frequenz des Pulses zu steigern, wurden an einem grauen männlichen Kaninchen folgende Versuche angestellt.

Tabelle VIII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Rückenmarks.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
1	3h 12′	Vor aller Operation:			Ruhe	55	103	169	226	
2	„ 13′				„	53	109	167	224	
3	„ 14′				„	54	110	169	227	
	Ein Pfriem oben, ein zweiter unten in's Rückenmark gebohrt.									
4	3h 17′				Ruhe	55	110	170	233	
5	„ 18′				„	57	117	180	243	
6	„ 19′				„	57	119	185	251	
7	„ 20′				„	62	125	191	256	
8	„ 21′				„	62	124	191	257	
9	„ 22′	1 Dan.	28 C. M.	1 M.	Reizg.	61	126	194	262	
10	„ 23′	SO^3 10%			Ruhe	59	121	187	250	
11	„ 24′	„	„	2 „	Reizg.	61	123	191	258	
12	„ 25′				Ruhe	58	121	183	247	
13	„ 26′	„	„	4 „	Reizg.	60	124	192	260	
14	„ 27′				Ruhe	62	124	190	254	
15	„ 28′				„	59	119	182	243	
16	„ 29′	„	„	10 „	Reizg.	63	125	192	259	
17	„ 30′				„	60	126	186	253	
18	„ 31′				Ruhe	59	120	184	247	
19	„ 32′				„	57	116	177	239	
20	„ 33′	„	„	15 „	Reizg.	60	124	191	258	
21	„ 34′				Ruhe	58	117	180	246	
22	„ 35′	„	„	20 „	Reizg.	61	123	188	255	
23	„ 36′				Ruhe	57	117	180	242	
24	„ 37′	„	„	30 „	Reizg.	56	116	177	240	
25	„ 38′	„	„	40 „	„	58	118	186	253	
26	„ 39′				Ruhe	57	117	180	245	Während der Zuckungen Kothentleerung.
27	„ 40′	„	„	50 „	Reizg.	62	121	181	244	
28	„ 41′				Ruhe	56	116	180	242	
29	„ 42′	„	„	50 „	Reizg.	60	123	190	259	
30	„ 43′				Ruhe	62	124	191	257	
31	„ 44′				„	60	120	186	252	
32	„ 45′	„	„	60 „	Reizg.	62	127	197	267	
33	„ 46′				Ruhe	60	123	188	255	
34	„ 47′				„	62	122	185	247	
35	„ 48′	„	„	70 „	Reizg.	66	131	200	269	
36	„ 49′	„	„	80 „	„	64	129	198	268	

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Rückenmarks.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
37	3h 50′				Ruhe	61	122	187	250	
38	„ 53′				„	50	104	163	220	
39	„ 54′	1 Dan.	28 C. M.	80 M.	Reizg.	57	113	176	240	
40	„ 55′	SO^3 10%	„	„	„	62	123	192	261	
41	„ 56′				Ruhe	57	117	180	244	
42	„ 57′				„	56	114	175	238	

Die mechanische Reizung, welche durch die Einbohrung des Pfriemen in's Rückenmark bedingt war, bewirkte eine Frequenzvermehrung (Nr. 4—8); in der fünften Minute nach der Einbohrung war die Pulszahl um 30 Schläge gegen die letzte Zählung vor jenem Eingriff gestiegen. Die elektrische Reizung erzeugte dann anfangs zwar nur eine geringe, später aber als die Ströme systematisch verstärkt worden, eine ansehnliche Zunahme in der Häufigkeit des Herzschlags, die sich in Nr. 40 sogar auf 41 Schläge in der Minute belief.

Wir vermutheten, dass sich die Reizung des Rückenmarks nur in der Bahn der Sympathici zum Herzen fortpflanzen würde, und um diese Meinung auf die Probe zu stellen, durchschnitten wir die beiden Sympathici tief unten am Halse. Wir wollten diese Gelegenheit benützen, um zu sehen, was die reine Durchschneidung der Sympathici für einen Einfluss auf die Pulsfrequenz haben würde; deshalb zählten wir die Pulsschläge nach der Anlegung der Wunde zur Aufsuchung der Sympathici, während diese noch unversehrt waren, und später nach ihrer Durchschneidung:

Tabelle IX.

Anlegung der Hautwunde zur Aufsuchung der Sympathici.

4 h 2′	Ruhe	51	106	176	239
„ 3′	„	57	118	183	246
„ 4′	„	59	120	183	246

Durchschneidung beider Sympathici tief unten. Ausschneidung eines etwa 2 C.M. langen Stückes.

4 h 8′	Ruhe	53	108	164	221
„ 9′	„	52	104	160	217
„ 10′	„	53	107	163	219
„ 11′	„	52	106	163	221

Wie man sieht, hatte die Anlegung der Hautwunde im Vergleich zu Nr. 41 der Tabelle VIII eine Frequenzvermehrung und darauf die reine Durchschneidung beider Sympathici eine Frequenzverminderung zur Folge; die letztere belief sich auf 25 bis 29 Schläge in der Minute.

Nun wurde des Rückenmark gereizt, anfangs bei einer Stromstärke, welche der zuletzt bei demselben Thiere angewandten nahe lag; der Erfolg der Reizung war beständig eine geringe Frequenzvermehrung. Als wir aber zu etwas stärkeren Strömen übergingen, konnten wir, wie die nachstehende Tabelle beweist, eine erhebliche Zunahme in der Häufigkeit des Herzschlags erzielen.

Tabelle X.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Rückenmarks.	I.	II.	III.	IV.
1	4 h 30′				Ruhe	57	116	180	243
2	„ 31′				„	57	117	180	243
3	„ 32′	1 Daniell, SO^3 10%	28 C.M.	400 M.	Reizung	59	121	183	246
4	„ 33′				Ruhe	57	117	180	244
5	„ 34′	„	„	500 „	Reizung	58	121	186	252
6	„ 35′	„	„	1000 „	„	60	124	190	258
7	„ 36′				Ruhe	61	123	187	252
8	„ 37′				„	57	118	183	247
9	„ 38′	„	„	2000 „	Reizung	59	121	188	254
10	„ 39′	„	„	3000 „	„	61	125	193	258
11	„ 40′				Ruhe	60	121	189	254
12	„ 41′				„	61	125	192	260
13	„ 42′	„	„	5000 „	Reizung	66	134	206	277
14	„ 43′				Ruhe	65	126	194	262
15	„ 44′	„	„	10000 „	Reizung	62	129	197	268
16	„ 45′	„	„	0 „	„	63	124	193	262
17	„ 46′				Ruhe	63	128	193	260
18	„ 47′	„	10 „	0 „	Reizung	64	126	194	261
19	„ 48′				Ruhe	61	125	193	260
20	„ 49′	„	−8½ „	0 „	Reizung	48	114	184	234
21	„ 50′				Ruhe	59	121	188	254
22	„ 51′				„	57	107	178	230
23	„ 54′				„	54	101	171	231
24	„ 55′	„	28 „	5000 „	Reizung	57	114	177	239

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Rückenmarks.	I.	II.	III.	IV.
25	4 h 56′				Ruhe	57	115	175	235
26	„ 57′				„	54	110	170	228
27	„ 58′	1 Daniell, SO^3 10%	28 C.M.	6000 „	Reizung	57	116	178	242
28	„ 59′		„	7000 „	„	58	120	186	253
29	5 h				Ruhe	59	120	186	251
30	„ 1′				„	60	120	183	246
31	„ 2′				„	57	116	176	238
32	„ 3′	„	„	8000 „	Reizung	58	121	190	258
33	„ 4′				Ruhe	60	120	186	249
34	„ 5′				„	57	117	178	242

In Nr. 13 haben wir eine Zunahme der Pulszahl um 17, in Nr. 28 um 25, in Nr. 32 um 20 Schläge, und jedesmal in der darauf folgenden Ruhe wieder eine entsprechende Frequenzverminderung, während die Anwendung einer sehr starken Reizung in Nr. 20, als die Rollen ganz über einander geschoben worden und die Nebenschliessung ganz beseitigt war, eine Abnahme der Pulszahl um 26 Schläge ergab.

Somit waren die Bahnen für die Fortpflanzung der Reizung vom Rückenmark zum Herzen mit der Durchschneidung der Sympathici, obgleich sie tief unten am Halse vorgenommen war, noch nicht beseitigt, und es war nun die Frage offen, ob das Rückenmark seinen gereizten Zustand durch Verbindungswege vom Halsmark durch das untere Cervicalganglion und die unteren Herznerven oder aber durch die Vagi zum Herzen fortpflanze. Um auf diese Frage Antwort zu erhalten, durchschnitten wir die beiden Vagi, und darauf brachten dieselben Reizungen, welche sich früher wirksam gezeigt hatten, keine grössere Häufigkeit des Pulses mehr hervor. Unsere Zahlen finden sich in

Tabelle XI.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des verlängerten Marks.	I.	II.	III.	IV.
1	5 h 8′				Ruhe	52	109	167	228
2	„ 9′	1 Daniell,			„	53	107	164	224
3	„ 10′	SO^3 10%	28 C.M.	5000	Reizung	54	108	166	224
4	„ 11′	„	„	6000	„	53	110	167	225
5	„ 12′				Ruhe	50	107	151	219
6	„ 13′	„	„	8000	Reizung	50	103	159	217
7	„ 14′	„	„	9000	„	51	104	159	215
8	„ 15′				Ruhe	50	103	159	213
9	„ 16′	„	„	10000	Reizung	50	101	155	213
10	„ 17′	„	„	„	„	51	105	161	216
11	„ 18′	„	„	0	„	51	101	155	210
12	„ 19′				Ruhe	51	102	155	209

Wir haben den letztgenannten Versuch, Durchschneidung sowohl der beiden Vagi wie der beiden Sympathici und nachherige Reizung des Rückenmarks, noch an drei anderen Thieren wiederholt; Hutschmid hat die langen Zahlenreihen, die wir unter diesen Umständen gewonnen haben, mitgetheilt [1]); sie ergeben dasselbe Resultat, wie das in Tabelle XI verzeichnete, so dass wir es uns ersparen können, dieselben hier nochmals abdrucken zu lassen. Da also die Reizung des Rückenmarks, je nach der Stärke der Ströme, noch im Stande ist, den Puls häufiger oder seltener zu machen, nachdem die Sympathici durchschnitten sind, so lange die Vagi unversehrt bleiben, nicht mehr aber, wenn auch die letztgenannten Nerven durchschnitten worden, so müssen wenigstens für die vier von uns beobachteten Fälle [2]) die unteren Bahnen, die im Gebiete des Sympathicus zum Herzen führen, von der Betrachtung ausgeschlossen werden. Da die Frequenzvermehrungen

[1]) A. a. O. S. 35, 41, 42, 45.

[2]) Ich werde nächstens zeigen, dass in dieser Beziehung individuelle Verschiedenheiten vorkommen. Moleschott.

ausblieben, nachdem die beiden Vagi und die beiden Sympathici durchschnitten waren, so fällt auch der Verdacht einer directen Herzreizung hinweg. Wir sehen uns folglich zu dem Schlusse genöthigt, dass, mit Umgehung der Sympathici, in der Bahn der Vagi vom Rückenmark aus durch schwache Reizung frequenzvermehrend, durch starke Reizung frequenzvermindernd auf den Herzschlag eingewirkt werden kann.

Wie kommt aber diese Einwirkung zu Stande?

Es wäre verführerisch an eine elektrotonische oder paradoxe Uebertragung der Rückenmarksreizung auf das verlängerte Mark und die Vaguswurzeln zu denken. Dies scheinen aber, im Einklang mit unseren Versuchen am verlängerten Mark, die Versuche Van Deen's zu verbieten, welche zeigen, dass die auf das Rückenmark angewandte Elektricität nicht auf diejenigen motorischen Nerven fortgepflanzt wird, die in einiger Entfernung von der gereizten Stelle entspringen [1]).

Auch der Vermuthung, dass sich etwa Fasern des Vagus bis tief in das Rückenmark erstrecken könnten, wird man, den heutigen anatomischen Lehren entgegen, nicht Raum geben wollen, so lange eine andere Erklärung möglich ist.

Diese scheint aber in der Annahme gegeben, dass die vermehrte Pulsfrequenz bei durchschnittenen sympathischen und unversehrten herumschweifenden Nerven als eine Reflexwirkung zu deuten sei. Van Deen konnte zwar auch durch Reizung des unteren Theils des Rückenmarks keine Reflexbewegung in den vorderen Gliedmassen erzielen, allein er hatte die Nervenwurzeln von dem unteren Theile des Rückenmarks getrennt, während dieselben begreiflicher Weise in unseren Versuchen alle unversehrt waren [2]).

Türck hat schon früher eine reflectorische Einwirkung auf das Herz angenommen, welche durch den Vagus vermittelt werden sollte;

---

[1]) Van Deen, über die Unempfindlichkeit der Cerebrospinalcentra für elektrische Reize, in dieser Zeitschrift, Bd. VII. S. 380 u. folg.

[2]) Van Deen, a. a. O. S. 390—392.

er sah nämlich bei Kaninchen, denen er Theile des Rückenmarks blosslegte, durch Reizung der Wundflächen und andere peripherische Reizungen den Herzschlag seltner werden [1]). Diese Wirkung blieb aus, nachdem die Halsstämme der Vagi durchschnitten waren. Allein in diesen Versuchen war die Sympathicus-Leitung vom Rückenmark zum Herzen unversehrt, und Türck's Schlussfolgerung, die vor den Versuchen von Moleschott und Nauwerck gerechtfertigt war, ist jetzt nicht mehr geradezu nothwendig. Wir erlauben uns daher noch ausdrücklich zu erwähnen, dass wir nach Durchschneidung der Sympathici durch starke Reizung des Rückenmarks eine Herabsetzung der Pulsfrequenz bis um 58 Schläge (von 243 auf 185) mit nachheriger Wiederkehr zu einer viel höheren Pulszahl beobachtet haben, als die Vagi noch unversehrt waren, während eine Einwirkung auf die Häufigkeit des Herzschlags, nachdem noch die Vagi durchschnitten waren, nicht mehr erzielt werden konnte, das heisst Reizungen mit Strömen von der Ordnung, welche die Frequenz hätten vermehren sollen, brachten diese Vermehrung nicht hervor [2]). Wir hätten also hier ein interessantes Beispiel von einer Ermüdung, die auf reflectorischem Wege zu Stande kam.

Wenn nun aber vom Rückenmark aus in der Bahn der Vagi eine Einwirkung auf das Herz erfolgen kann, so bedarf es eines ausdrücklichen Beweises, dass eine solche Einwirkung auch dann noch möglich ist, wenn nur die Sympathicus-Bahn erhalten blieb. Zu dem Ende haben wir in einer Reihe von Versuchen die beiden Vagi durchschnitten und dann das Rückenmark mit Reizen von verschiedener Stärke behandelt. Ein Beispiel dieser Art enthält

---

[1]) Türck, Zeitschrift der k. k. Gesellschaft der Wiener Aerzte, Bd. VII. S. 490, 491.

[2]) Die betreffenden Zahlen sind von Hufschmid, a. a. O. S. 45 mitgetheilt worden. Hier mag das allgemeine Resultat genügen.

Tabelle XII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Rückenmarks.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
	Nur die Pfriemen in's Rückenmark, sonst keine Operation vorgenommen.									
1	2h 58′				Ruhe	48	96	146	196	
2	„ 59′				„	45	92	142	193	
3	3h				„	47	94	143	194	
	Anlegung der Halswunde, um die Vagi aufzusuchen.									
4	3h 2′				Ruhe	50	106	160	217	
5	„ 3′				„	52	106	163	220	
6	„ 4′				„	52	106	164	221	
	Beide Vagi durchschnitten.									
7	3h 10′				Ruhe	51	104	162	218	
8	„ 11′				„	52	105	161	217	
9	„ 12′	1 Dan.			„	53	107	164	221	
10	„ 13′	SO^3 10%	30 C. M.	Vollkommen.	Reizg.	55	112	174	236	
11	„ 14′				Ruhe	53	111	170	231	
12	„ 15′				„	55	113	173	234	
13	„ 16′				„	54	110	171	232	
14	„ 17′	„	„	1 M.	Reizg.	56	115	178	241	
15	„ 18′	„	„	2 „	„	56	115	178	244	
16	„ 19′				Ruhe	57	115	173	230	
17	„ 20′	„	„	„	Reizg.	56	113	174	236	
18	„ 21′	„	„	5 „	„	57	117	181	247	
19	„ 22′	„	„	6 „	„	57	120	183	250	
20	„ 23′				Ruhe	60	123	187	249	
21	„ 24′				„	56	116	171	242	
22	„ 25′				„	57	118	181	243	
23	„ 26′				„	56	116			Convulsionen
24	„ 27′				„	54	112	175	225	
25	„ 28′	„	„	10 „	Reizg.	60	124	193	264	
26	„ 29′				Ruhe	60	123	186	251	
27	„ 30′				„	59	121	184	249	
28	„ 31′	„	„	„	Reizg.	60	114	182	253	
29	„ 32′	„	„	15 „	„	62	127	199	270	
30	„ 33′				Ruhe	63	125	191	260	
31	„ 34′				„	60	124	191	258	
32	„ 35′				„	59	121	187	254	
33	„ 36′	„	„	20 „	Reizg.	65	131	203	272	
34	„ 37′				Ruhe	61	126	191	257	

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des verlängerten Marks.	I.	II.	III.	IV.	Besondere Bemerkungen.
35	3h 38′	1 Dan.	30 C. M.	25 M.	Reizg.	64	130	202	271	
36	„ 39′	SO^3 10%	„	30 „	„	67	136	211	284	
37	„ 40′				Ruhe	63	128	192	264	
38	„ 43′				„	60	121	183	247	
39	„ 44′	„	„	0 „	Reizg.	60	124	193	263	
40	„ 45′				Ruhe	63	127	196	262	
41	„ 46′				„	60	124	191	256	
42	„ 47′	„	20 „	0 „	Reizg.	62	127	196	267	
43	„ 48′				Ruhe	62	127	194	259	
44	„ 49′				„	60	124	190	256	
45	„ 50′	„	10 „	„	Reizg.	61	123	187	254	
46	„ 51′				Ruhe	61	121	187	254	
47	„ 52′	„	0 „	„	Reizg.	58	120	183	247	
48	„ 53′				Ruhe	58	122	187	254	
49	„ 54′	„	— 4 „	„	Reizg.	56	112	174	237	Namentlich Husten und Schreien
50	„ 55′				Ruhe	59	122	187	252	
51	„ 56′				„	60	123	188	257	
52	„ 57′	„	—8½ „	„	Reizg.	59	121	187	252	
53	„ 58′				Ruhe	59	119	181	243	
54	„ 59′				„	58	116	176	240	
55	4h	1 grosser Grove.	0	0 „	Reizg.	59	119	180	244	
56	„ 1′				Ruhe	56	116	177	241	
57	„ 2′				„	57	118	182	246	
58	„ 3′	„	—4b.—6	„	Reizg.	56	115	176	221	
59	„ 4′	„	„	„	„	26	51	76	109½	
60	„ 5′				Ruhe	20	40	65	81	
61	„ 6′				„	15	31	50	63	

Wir sehen hier aufs Neue, dass die Anlegung der Halswunde die Pulsfrequenz um ein Bedeutendes steigert, während die Durchschneidung der beiden herumschweifenden Nerven keine Veränderung der Pulszahl bedingt. Bis zu Nr. 42 bringt dann jede Reizung eine grössere Häufigkeit des Pulses hervor, in Nr. 25 bis um 39 Schläge.

Als aber in Nr. 47 nicht bloss die Nebenschliessung entfernt, sondern auch die Rollen bis zur Berührung einander genähert waren, wurde durch die nunmehr sehr stark gewordene Reizung die Pulsfrequenz herabgesetzt; dies wiederholte sich noch deutlicher bei

Anwendung stärkerer Ströme in Nr. 49, und da in beiden Fällen die nachfolgende Ruhe zur ursprünglichen Häufigkeit zurückführte, so dürfen wir die beobachtete Verminderung der Frequenz als eine Folge der Reizung ansehen. Ganz bedeutende Verminderungen der Frequenz oder gar Stillstand des Herzens konnten wir aber bei Kaninchen durch starke Reizung des Rückenmarks nicht erzielen, oder wenigstens wo der Puls bedeutend (um die Hälfte) seltener wurde, wie in Nr. 59, da liess sich die verminderte Frequenz nicht mit Sicherheit als eine Folge der Rückenmarksreizung darthun, weil sich das Herz in der späteren Ruhe nicht erholte. Kaninchen sind gegen starke Reizungen des Rückenmarks äusserst empfindlich, ihr Leben wird dadurch in solchem Grade bedroht, dass sich die Erscheinungen des Absterbens und die unmittelbaren Folgen der Reizung unter einander mischen. Bei Fröschen ist es dagegen leicht zu zeigen, dass eine starke Reizung des Rückenmarks, auch nach Ausrottung des verlängerten Marks, das Herz bis zum Stillstand zu erschöpfen vermag.

Zur beispielsweisen Bekräftigung der Thatsache, dass schwache Reizung des Rückenmarks auch nach Durchschneidung beider Vagi die Häufigkeit des Herzschlags zu steigern im Stande ist, mag noch folgende Tabelle hier Platz finden.

Tabelle XIII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Rückenmarks.	I.	II.	III.	IV.
	Es werden die Pfriemen in's Rückenmark gebohrt, sonst aber kein operativer Eingriff.								
1	4 h 6′				Ruhe	53	108	166	226
2	„ 7′				„	55	112	171	232
3	„ 8′				„	55	113	174	236
4	„ 9′				„	56	113	174	236
	Anlegung der Halswunde zur Aufsuchung der Vagi.								
5	4 h 14′				Ruhe	58	120	185	253
6	„ 15′				„	64	129	200	282
7	„ 16′				„	68	137	210	284

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Rückenmarks.	I.	II.	III.	IV.
			Durchschneidung beider Vagi tief unten.						
8	4 h 18′				Ruhe	66	133	205	280
9	„ 19′				„	67	136	210	284
10	„ 20′				„	61	140	224	291
11	„ 21′	1 Daniell,		Vollkommen.	„	71	141	216	290
12	„ 22′	SO^3 10%	30 C. M.		Reizung	70	144	223	302
13	„ 23′	„	„	1 M.	„	71	149	227	308
14	„ 24′				Ruhe	71	143	219	295
15	„ 25′				„	69	141	216	291
16	„ 26′	„	„	2 „	Reizung	70	143	221	302
17	„ 27′	„	„	3 „	„	71	156	229	306
18	„ 28′				Ruhe	70	141	216	294
19	„ 29′	„	„	5 „	Reizung	71	146	227	304
20	„ 30′				Ruhe	70	142	216	289
21	„ 31′				„	69	145	Zuckungen	
22	„ 32′				„	69	141	219	291
23	„ 33′	„	„	10 „	Reizung	73	150	229	307
24	„ 34′	„	„	15 „	„	73	149	231	309
25	„ 35′				Ruhe	70	142	218	294
26	„ 36′	„	28 C. M.	20 „	Reizung	71	149	231	314
27	„ 37′				Ruhe	72	146	224	298
28	„ 38′				„	69	144	217	294
29	„ 39′	„	„	25 „	Reizung	71	143	220	299
30	„ 40′	„	„	30 „	„	75	150	228	306
31	„ 41′	„	„	40 „	„	73	150	230	309
32	„ 42′				Ruhe	74	148	226	305
33	„ 43′				„	72	146	223	299
34	„ 44′				„	71	142	218	295
35	„ 45′	„	„	50 „	Reizung	71	147	225	303
36	„ 46′	„	„	60 „	„	72	147	231	312
37	„ 47′	„	„	70 „	„	77	160	247	333
38	„ 48′				Ruhe	74	149	227	305
39	„ 49′				„	73	144	223	298
40	„ 50′				„	70	143	216	291
41	„ 51′	„	„	70 „	Reizung	75	154	238	322
42	„ 52′				Ruhe	77	156	231	307
43	„ 53′				„	73	147	226	304
44	„ 54′				„	73	149	224	310
45	„ 58′				„	65	136		280

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Rückenmarks.	I.	II.	III.	IV.
46	4 h 59′	1 Daniell,	28 C. M.	80 M.	Reizung	68	145	228	317
47	5 h	SO^3 10%			Ruhe	76	152	234	313
48	„ 1′				„	72	150	231	310
49	„ 2′				„	74	150	229	308
50	„ 3′	„	„	90 „	Reizung	75		236	328
51	„ 4′	„	„	100 „	„	78	158	244	331
52	„ 5′				Ruhe	74	149	230	307

Diese Tabelle ist besonders lehrreich, weil sie uns die Bedeutung der Reizstärke recht augenfällig macht. Es hat zwar jede der hier gewählten Stromstärken eine Frequenzvermehrung hervorgebracht, ihr Maximum jedoch erreichte letztere erst, als wir in Nr. 35 bis 37 die Reizung systematisch bis zur Einschaltung von 70 Widerstandseinheiten in die Nebenschliessung verstärkt hatten. Die Pulszahl vermehrte sich allmälig bis um 38 Schläge. Das folgende Mal (Nr. 41) griffen wir sogleich zu der letzt erwähnten Reizstärke: die Vermehrung betrug 31, und in Nr. 46 bei noch etwas stärkerer Reizung 37.

Auf eine solche genaue Abstufung der Reizstärke kommt es an, und wir sind in anderen Versuchen genöthigt gewesen, diese Abstufung bis zur Anwendung von Strömen auszudehnen, die noch viel schwächer waren als die hier gebrauchten. Nur wer sich vorurtheilsfrei dazu entschliesst, die richtige Abstufung mit Geduld zu ermitteln und sie mit Umsicht zu berücksichtigen, wird, wenn er ganze Minuten mit einander vergleicht, die gleichen deutlichen Frequenzvermehrungen erzielen, wie wir.

Nicht selten trifft man eine bedeutende Nachwirkung in einer oder mehren Minuten der auf die Reizung folgenden Ruhe. Dann ist aber gerade das allmälige Sinken während der Ruhe besonders beweisend für die durch die Einwirkung des Reizes hervorgebrachte Veränderung; unsere Tabellen, und insbesondere auch die hier als Nr. XIII mitgetheilte, enthalten hierfür einleuchtende Beispiele.

Das Ergebniss unserer Rückenmarksversuche lässt sich in folgenden Sätzen zusammenstellen:

11) Schwache Reizung des Rückenmarks erzeugt Beschleunigung, starke Reizung Verlangsamung des Herzschlages.

12) Der Erfolg der Reizung stellte sich ein sowohl wenn nur die Vagi, als wenn nur die beiden Sympathici erhalten waren.

13) Die Reizung war wirkungslos, nachdem sowohl die Sympathici, wie die Vagi durchschnitten worden [1]).

14) Man kann also vom Rückenmark aus nicht nur in der Bahn der Sympathici, sondern auch in derjenigen der Vagi auf die Häufigkeit des Herzschlags einwirken, in ersterer ohne Zweifel direct, in letzterer aller Wahrscheinlichkeit nach indirect, d. h. reflectorisch.

Die Untersuchungen, welche dieser Arbeit zum Grunde liegen, sind während der Herbstferien des Jahres 1861 in dem Züricher Laboratorium angestellt worden: wir können bei dieser Mittheilung nicht unterlassen, den Herren Dr. Fudakowski, Bleuler, Ruete (Sohn) und Schlatter unsern herzlichen Dank auszusprechen für die Hülfe, welche sie uns bei den Versuchen geleistet haben.

Turin, den 14. Juli, 1862.

---

[1]) Wenn der Satz in Nr. 13 eine absolute Geltung hätte, müsste man annehmen, dass die Herznervenfasern, welche vom Rückenmark in die Bahn des Sympathicus eindringen, sich diesem schon oberhalb des unteren Cervicalganglions beimischen; spätere, zu anderem Zweck angestellte Versuche, von denen ich im nächsten Bande dieser Zeitschrift Rechenschaft ablegen werde, haben mich gelehrt, dass diese Folgerung Ausnahmen erleidet, und deshalb wurde auch ihrem Vordersatze eine historische, keine absolute Fassung ertheilt. Moleschott.

XXVIII.

Der Vagus als Bewegungsnerve des Herzens gegenüber den neuesten Angriffen vertheidigt.

Von

Jac. Moleschott.

Es kam mir nicht unerwartet, dass der Versuch, die auf den Kopf gestellte Lehre über die Innervation des Herzens durch den Vagus wieder auf ihre natürlichen Füsse zu bringen [1]), in der physiologischen Litteratur einige Unruhe hervorrufen würde. Ich würde diese Unruhe als ein Zeichen der Aufmerksamkeit freudiger begrüssen, wenn dabei etwas Besseres als Missverständnisse zu Tage gefördert wäre; die Missverständnisse sind aber, zum Theil wenigstens, von der Art, dass sie Leser, welche der Entwicklung der fraglichen Lehre nicht in allen ihren Phasen gefolgt sind, irre leiten oder wohl gar ihnen Sand in die Augen streuen könnten. Ich sehe mich daher genöthigt, jene Missverständnisse und diesen Sand zu zerstreuen, so abgeneigt ich sonst auch sein mag, um Thatsachen zu streiten.

---

[1]) Vgl. Schiff, experimentelle Untersuchungen über die Nerven des Herzens, Archiv für physiologische Heilkunde, Jahrgang VIII. (1849); Schiff, zur Physiologie der sogenannten Hemmungsnerven, diese Zeitschrift Bd. VI, S. 201 u. folg.; Moleschott, Untersuchungen über den Einfluss der Vagus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags', ebenda, Bd. VII, S. 401 u. folg.; Hufschmid und Moleschott, experimenteller Beweis der Theorie, nach welcher der Vagus ein Bewegungsnerv des Herzens ist, ebenda, Bd. VIII. S. 52 u. folg.; Hufschmid und Moleschott, die Reizung des verlängerten Marks und des Rückenmarks in ihrem Einflusse auf die Pulsfrequenz, ebendaselbst, S. 572 u. folg.

Was zunächst die Angaben von Bezold's und Brown-Séquard's betrifft, dass es ihnen nicht gelungen sei, die Beobachtungen von Schiff und die nach anderen Methoden angestellten aber durchaus im gleichen Sinne ausgefallenen Versuche von mir, nach denen schwache Reizung des Vagus den Herzschlag beschleunigt, zu bestätigen [1]), so kann ich nur bemerken, dass ich gleich in meiner ersten Arbeit die Antwort auf diesen scheinbaren Widerspruch anticipirt habe, als ich schrieb: „Sonach halte ich mich für berechtigt, es mit allem Nachdruck aus„zusprechen, dass, wer immer die Frequenzzunahme durch Vagusreizung „nicht entstehen sah, nicht den richtigen Grad der Reizung getroffen „hat" [2]). Von Bezold ist es gleichfalls misslungen, den von mir durch viele Zahlen gegebenen Nachweis zu erhärten, dass der constante Strom, wenn er in absteigender Richtung durch den peripherischen Theil des durchschnittenen Vagus geschickt wird, den Herzschlag beschleunigt; es gelang ihm nicht, den elektrischen Bewegungsvorgang im schwach gereizten Vagus wahrzunehmen; er vermochte sich endlich nicht einmal zu überzeugen, dass das Herz auf eine schwache Reizung des Sympathicus mit häufigeren, auf eine starke Reizung desselben Nerven mit seltneren Schlägen antwortet, wie ich das mit Nauwerck gefunden habe [3]). In meinen Augen sind alle diese Versuche von Bezold's eben misslungene Versuche, und ich kann ihm leider nicht beistimmen, wenn er die Andeutung einfliessen lässt, dass es sich, damit diese Versuche misslingen, d. h. damit sie die von Schiff und mir so zahlreich gewonnenen positiven Erfahrungen negiren, um eine „gute Ausführung der Versuche" handle. Ich erlaube mir darauf hinzuweisen, dass eine andere Untersuchung, die zur Controle meiner Versuche nach einem anderen Princip von Hufschmid und mir unternommen wurde, durchaus bestätigend ausgefallen ist; die betreffende Arbeit findet sich in dem unmittelbar vorhergehenden Aufsatze in dem vorliegenden Bande dieser Zeitschrift.

---

[1]) Von Bezold, in Reichert's und Du Bois-Reymond's Archiv, 1862, S. 143; Brown-Séquard, Journal de la physiologie des hommes et des animaux, T. V, S. 295.

[2]) Bd. VII dieser Zeitschrift, S. 466.

[3]) Bd. VIII dieser Zeitschrift, S. 36—51.

Ich wende mich daher zur Besprechung der Bedenken, welche gegen die Methode meiner Versuche laut geworden sind. Um die Herzschläge zu zählen, bediente ich mich des zuerst von Schiff empfohlenen Verfahrens, eine Nadel in das Herz zu bohren, deren Bewegungen die Herzschläge anzeigten. Küthe konnte durch dieses Mittel keine sicheren Zahlen erhalten, weil, wie er meint es schwer sei, sich von den durch die Athmungsbewegungen bedingten Schwankungen der Nadel nicht stören zu lassen [1]). Dieser Umstand wirkt aber nach meinen zahlreichen Erfahrungen nur dann störend, wenn die Nadel zu leicht und zu klein ist. Ich habe in meinen früheren Arbeiten über die Nadel und die Art ihres Einstechens keine näheren Angaben gemacht, weil ich in Zürich gleich eine passende Art von Insektennadeln erhielt, so dass wir von Anfang an die Bewegungen der Nadel gehörig absehen konnten und nur im Zählen einiger Uebung bedurften. Hier in Turin bekam ich aber im Anfang Nadeln, die zu leicht, zu klein und zu dünn waren, so dass wir in der That öfters schlotternde Bewegungen des Herzzeigers vor uns hatten, die das Zählen unsicher machten. Dies kam aber gar nicht mehr vor, als wir uns Nadeln verschafft hatten, welche etwas schwerer, länger und dicker waren. Ich erlaube mir daher jetzt folgende Detailangaben, die sich auf Versuche an Kaninchen beziehen; für grössere oder kleinere Thiere wird man begreiflicher Weise andere Grössen zu wählen haben. Meine Insektennadeln wiegen etwa $^1/_3$ Gramm (0,33—0,34), sie sind $5^1/_2$ Centimeter lang und wurden dicht unter dem Knopf mit einem ösenförmigen Drahtfähnchen versehen, welches aus einem dünnen mit rother Seide umsponnenen Kupferdraht angefertigt und etwa $1^1/_2$ Centimeter lang ist; das angegebene Gewicht bezieht sich auf Nadel sammt Fähnchen. Durch die seitliche Verlängerung der Nadel wird die Deutlichkeit der Ausschläge vermehrt. Um aber diesen Vortheil im höchsten Grade zu erzielen, ist es besonders empfehlenswerth die Nadel nicht zu tief einzubohren. Wählt man die richtige Stelle, dann braucht man nicht, wie Küthe meint, die Nadel öfters neu einzustechen; um die beste Stelle zu finden, bediene

[1]) Küthe, over den invloed van den nervus vagus op de hartsbeweging, p. 33, 34.

ich mich einfach des Auskunftsmittels mit dem Finger zu suchen, wo man den Herzstoss am deutlichsten fühlt. Gewöhnlich bohre ich die Nadel links zwischen die dritte und vierte Rippe in die Nähe des Brustbeins ein. Das Zählen erfordert, namentlich bei der hohen Frequenz, die man zuweilen beim Kaninchen antrifft (bis über 300 Schläge in der Minute), einige Uebung, und fast mit jedem neuen Gehülfen verliert man die erste oder mehre Sitzungen. Die Herren Bleuler, Dr. Bosanyi, Dr. Fudakowski, Gascard, Dr. Hufschmid, Dr. Laura, Dr. Moriggia, Nauwerck, Oesterlen (Sohn), Dr. Peyrani, Dr. Piso, Ruete (Sohn) und Schlatter, die mich bei meinen Versuchen unterstützten, haben sich alle sehr bald die vollständigste Sicherheit im Zählen erworben. Ob man mit dem Stethoskop, dem Küthe den Vorzug giebt, die häufigen Herzschläge des Kaninchens, wie es zu den fraglichen Versuchen oft nöthig ist, mehre Minuten lang hinter einander zählen kann, ist mir zweifelhaft; uns wäre es geradezu unmöglich gewesen, da wir es durchaus nöthig fanden, einander in geeigneter Weise beim Zählen abzulösen [1]).

Die von Küthe gefürchtete Reizung des Herzens durch die Nadel hat natürlich nichts auf sich, wenn man, durch fleissiges Zählen *vor, während* und *nach* der Reizung, die Gefahr jenes Einflusses, der sich ja immer gleich bleibt, überwindet.

Brown-Séquard, der sich, wie wir oben sahen, vor Kurzem auf Seiten derjenigen gestellt hat, die behaupten, dass jede Reizung des peripherischen Vagus-Endes den Herzschlag vezögert, macht a. a. O. folgende Bemerkung: „*Il importe... de se rappeler que tout „mouvement un peu énergique suffit pour augmenter la vitesse des mou„vements du coeur, que les nerfs vagues soient coupés ou non. On peut „donc voir, comme* Moleschott, *le coeur battre plus vite pendant „qu'on applique un courant faible aux nerfs vagues; mais il est facile „de s'assurer que c'est parce que l'animal s'est agité que la vitesse de „cet organe s'est augmentée.*“ Bei unseren Versuchen wurde aber eine solche Aufregung der Thiere so sorgfältig vermieden, dass ich nur annehmen kann, Brown-Séquard habe meine ausführliche Darstel-

[1]) Wie dies geschah, habe ich in meinen Untersuchungen, Bd. VII, S. 407, 408, angegeben.

lung des Versuchsverfahrens in den Originalabhandlungen nicht gelesen, sondern nur den Auszug, den ich in der Wiener medicinischen Wochenschrift veröffentlichte und von dem er eine Uebersetzung mitgetheilt hat [1]); denn er hätte sonst jene Zweifel nicht erheben können. Bei unsern Versuchen lag das Elektrodenplättchen ein- für allemal ruhig unter dem Nerven, und die von demselben ausgehenden Drahtenden behielten unverändert ihren Platz in den Quecksilbergefässen, in welche die von der secundären Rolle herkommenden Drähte eingetaucht wurden; in mehren Versuchen haben wir sowohl während der Ruhe, wie während der Reizung das Geräusch des Magnetelektromotors fortdauern lassen; für Ruhe im Zimmer wurde immer ängstlich gesorgt. Ueberdies zweifle ich an der Richtigkeit von Brown-Séquard's Behauptung, dass jede etwas energische Bewegung die Frequenz des Herzschlags erhöht; wenigstens haben wir fast immer, wenn das Thier aus irgend welcher Ursache, sei es während der Ruhe, sei es während der Reizung des Vagus, in Zuckungen verfiel, statt einer Vermehrung eine Verminderung der Pulsfrequenz beobachtet [2]). Und wie könnte man endlich Brown-Séquard's Einwurf auf eine Versuchsreihe beziehen, in welcher eine schwache Reizung des Vagus die Pulsfrequenz *nicht veränderte,* eine etwas stärkere Reizung dieselbe *verminderte,* während eine noch schwächere Reizung als die zuerst, sonst unter ganz gleichen Umständen, angewandte die Pulszahl jedesmal und zwar bedeutend *erhöhte?* [3])

Rosenthal hat andere Zweifel erhoben [4]). Er hat durch eine Rechnung versucht, sich eine annähernde Vorstellung zu machen von der Stärke der Ströme, deren Anwendung in meinen Versuchen eine vermehrte Pulsfrequenz hervorgebracht hat. Dieser Versuch ist dankenswerth, weil er dazu beitragen kann, diejenigen, welche unbefangen

---

[1]) Brown-Séquard, Journal de la physiologie etc., T. V, p. 124—135.

[2]) Vgl. Bd. VII dieser Untersuchungen, S. 425, 426, 455, 456, 457, 459, 464, ferner Bd. VIII, S. 57.

[3]) Vgl. Bd. VIII dieser Untersuchungen, S. 54, Tabelle I.

[4]) Rosenthal, die Athembewegungen und ihre Beziehungen zum Nervus vagus, Berlin 1862, S. 260—263.

meine Versuche wiederholen wollen, darüber aufzuklären, wie schwach sie bei Säugethieren die Reizung zu wählen haben. Rosenthal schliesst aber seine desfallsige Betrachtung mit der Frage: „Ist es wohl denkbar, dass solche Ströme auf den Nerven wirken sollen?"

Es handelt sich aber nicht darum, was man „denkbar", sondern darum was man wirklich findet. Zu Lavoisier's Zeiten würde es vielleicht Mancher undenkbar gefunden haben, dass man in unseren Tagen dazu kommen würde, Bruchtheile eines Milligramms Jod durch eine Reaction mit Sicherheit aufzudecken, oder mittelst der Spectralanalyse die Anwesenheit von 0,000003 Milligramm Natron in der Luft zu erkennen, und doch ist dies wirklich geschehen. Es ist bekannt, dass für flüchtige Ströme das Froschpräparat ein empfindlicheres Galvanoskop darstellt als der Multiplicator; warum sollte der Vagus der Säugethiere die Empfindlichkeit des Ischiadicus der Frösche nicht bedeutend übertreffen können? Wenn Rosenthal meint, ich hätte in Fällen Wirkung gesehen, „wo nach physikalischen Begriffen *gar kein Strom* durch den Nerven ging", so mag er sich darin gefallen, dass er physikalischer als die Physik voraus bestimmt, wo es noch erlaubt ist, den Stromzweig der durch einen Nerven geht, zu berücksichtigen; ich aber habe keine Lust, physikalischer zu sein als die Natur, und behaupte daher, auf Zahlen gestützt, dass eben darin das merkwürdige Verhalten des Kaninchen-Vagus liegt, dass er auf inducirte Ströme reagirt, welche so schwach sind, dass sie es nicht vermögen einen Froschmuskel zur Zuckung zu veranlassen. Mit anderen Worten, um ebensoviel als das Froschpräparat in einer gewissen Richtung den Multiplicator an Empfindlichkeit übertrifft, um ebesoviel wird es von den motorischen Fasern, welche der Vagus zum Herzen leitet, an Empfindlichkeit übertroffen. Rosenthal beruft sich gern auf die missglückten Versuche seines Freundes von Bezold; vielleicht hat letzterer in gleicher Weise wie Jener den physikalischen Begriff des elektrischen Stromes abgegrenzt, und dann wären dadurch seine unglücklichen Resultate zu erklären. Ich muss gestützt auf meine Versuche nicht bloss am Vagus, sondern auch an anderen Nerven, ganz allgemein es für eine Unvorsichtigkeit erklären, wenn man sich darauf verlässt, durch eine gut leitende Nebenschliessung einen elek-

trischen Strom von thierischen Theilen, und mögen diese noch so schlechte Leiter sein, ganz ausgeschlossen zu haben. Ist es mir doch begegnet, durch ein Daniell'sches Element deutliche Zuckungen eines Froschschenkels hervorzurufen, obgleich ein Kupferdraht von etwa 40 C. M. Länge, dessen Durchmesser etwa 3 M. M. betrug, als Nebenschliessung angebracht war.

Rosenthal hat ferner bemerkt, „dass ein grosser Theil meiner Versuche dadurch complicirt ist, dass der Nerv undurchschnitten war.“ Deshalb habe ich mich ja eben überzeugt, dass die schwache Reizung, auf den peripherischen Theil des durchschnittenen Vagus angewandt, ebenso gut Frequenzvermehrung hervorruft, wie die Reizung des unversehrten Nerven [1]). Und wenn man dies einmal weiss, wird es doch erlaubt sein, den Nerven unversehrt zu lassen, damit man bei lange dauernden Versuchsreihen sich nicht vor der unangenehmen Complication des Absterbens zu fürchten habe.

Die chemischen und mechanischen Reizversuche glaubt Rosenthal damit anzufechten, dass er ganz allgemein darauf hinweist, dass „Eingriffe, wie Austrocknung, Zerrung u. s. w.“ . . . . „auch die Leitung beeinflussen.“ Hier ist daran zu erinnern, dass nach Harless das mässige Austrocknen eines Nerven seine physiologische Leitungsfähigkeit erhöht, wäre also die Innervation des Vagus ein Hemmniss für den Herzschlag, so hätte das Austrocknen nicht vermehrte Frequenz bewirken müssen, sondern das Gegentheil, und dass der Vagus nicht etwa durch das Austrocknen abgestorben war, beweist der Umstand, dass ich auf nachheriges Anfeuchten des Nerven mit verdünnter Eiweisslösung die ursprüngliche geringere Frequenz wieder eintreten sah [2]). Uebrigens bewirkt, wie ich durch neuere Versuche weiss, auch das Austrocknen des peripherischen Endes des durchschnittenen Vagus vermehrte Pulsfrequenz, welche durch die Benetzung d trocknen Nervenendes mit verdünntem Eiweiss wieder abnimmt.

Rosenthal muss das Unzulängliche seiner Bedenken gegen meine Versuchsmethoden selbst gefühlt haben, denn es war ihm nicht

---

[1]) Vgl. diese Zeitschrift, Bd. VII, S. 412, 413, 415 und viele andere Fälle.

[2]) Vgl. meine Abhandlung im VII. Bande dieser Zeitschrift, S. 453—456.

genug, mein Verfahren auf seine Weise angezweifelt zu haben, er musste auch die unbequemen Zahlen verdächtigen. Die Art, wie er dies thut, wird durch eine ruhige Darlegung des Sachverhalts kräftiger bezeichnet, als durch eine Qualification, zu der ich mich nicht entschliessen kann.

Um die Pulszahlen unter einander zu vergleichen, habe ich meistens ganze Minuten gebraucht, bisweilen aber auch die gleichnamigen Viertel benützt. Als Regel musste ich ganze Minuten mit einander vergleichen, *weil sehr häufig die Wirkung sich in dem ersten Viertel der Minute, in welcher die Reizung zur Anwendung kommt, nur undeutlich oder gar nicht entfaltet* [1]). Wo aber Viertelsminuten mit einander verglichen wurden, mussten es nothwendiger Weise gleichnamige Viertel sein, weil, wie ich ausdrücklich angegeben, *„auf meiner Uhr die beiden „ersten Quadranten, die der Secundenzeiger zu durchlaufen hat, etwas „kleiner als der dritte und vierte (sind). Da aber die Zählung immer bei 0 „begann, so sind die unter einander stehenden Zahlen direct mit einander „zu vergleichen“* [2]). Nachdem nun Rosenthal ein Beispiel aus meinen Tabellen ausgesucht, das mindestens nicht zu den eclatanten gehört, in dem er aber selbst „eine deutliche Vermehrung der Herzschläge“ sieht, bemerkt er: „Nun könnte aber Jemand meinen, dass diese Art „der Zählung willkürlich sei, dass vielmehr die letzte Viertelsminute „vor und die erste während der Reizung vorzugsweise vergleichbar „seien“ [3]). Und darauf macht sich Rosenthal das Vergnügen, einige Zahlen nach seinem widersinnigen Vorschlag umzurechnen, und darauf fussend zu finden, dass ich in den betreffenden Fällen Verminderung oder gar keine Veränderung der Pulsfrequenz beobachtete, und dass „wenigstens die Hälfte der Moleschott'schen Zahlen sich „so verhält, wie die (hier) mitgetheilte Probe, und zuweilen in noch „viel auffälligerem Grade.“ Hiergegen muss ich bemerken, *dass man einen längeren Zeitraum mit einem kürzeren in dem fraglichen Falle*

---

[1]) Vgl. meine Abhandlung in Bd. VII dieser Zeitschrift, S. 444 und an anderen Stellen.

[2]) A. a. O. S. 409.

[3]) Rosenthal, a. a. O. S. 262.

nicht vergleichen kann, und dass die Taktik dieses Fehlers nicht dadurch gewinnt, dass von mir ausdrücklich betont wurde, wie häufig jenes kürzere erste Viertel die Wirkung der Reizung noch nicht wahrnehmen lässt. In Tabelle I und II auf S. 38 und 39 des vorliegenden Bandes und in Tabelle I auf S. 54, bei deren Gewinnung eine Uhr mit sehr gleicher Quadranteneintheilung diente, hätte Rosenthal Beispiele genug finden können, in welchen schwache Reizung des Sympathicus oder des Vagus gleich in der ersten Viertelsminute eine deutliche Frequenzvermehrung bewirkte.

Es hat mich befremdet, dass Rosenthal trotz seines Bedenkens gegen meine allerdings sehr natürliche Verwendung meiner Zahlen, mich als eine Stütze gegen Schiff benützt, indem er S. 264 seiner oben citirten Abhandlung sagt: „Wenn aber durch den Vagus ein „constanter Strom in aufsteigender Richtung in Bezug auf die hypo„thetisch angenommenen Centra (also absteigend nach dem gewöhn„lichen Sprachgebrauch) geschickt werde, so schlage das Herz häufiger“ (nach Schiff nämlich). „Nun dem widerspricht Moleschott ge„radezu und zwar hierin mit Recht.“ Ich protestire gegen die letztere Behauptung, da ich mit einer langen, überaus schlagenden Zahlenreihe nachgewiesen habe, dass, „wenn nur die (constanten) Ströme nicht „zu schwach genommen werden, die absteigende Stromesrichtung ein „Häufigerwerden, die aufsteigende ein Seltnerwerden des Herzschlags „hervorruft“ [1]). Etwas weiter sagt dann Rosenthal: „Diejenigen, „welche bei Durchleitung eines constanten Stroms durch die Vagi die „Pulsfrequenz haben steigen sehen, hatten die Vagi nicht durchschnitten, „was Schiff zu berücksichtigen vergisst.“ Leider muss ich wiederum bemerken, dass Rosenthal geradezu das Gegentheil sagt, von dem was bei mir deutlich zu lesen steht: die Tabellen XXXIV bis XXXVI, also drei Versuchsreihen, aus welchen ich meinen oben mitgetheilten Satz entnehme, sind am durchschnittenen Vagus gewonnen, und Tabelle XXXVII wurde von Hufschmid und mir nur deshalb veröffentlicht, weil wir beweisen konnten, dass in der fraglichen Beziehung

---

[1]) Vgl. in diesem Bande S. 119, und die Tabellen XXXIV — XXXVII, S. 114—118.

der unversehrte Vagus und der peripherische Theil des durchschnittenen sich gleich verhalten.

Um die Art und Weise, in welcher Rosenthal die Erfahrungen Anderer zurecht legt, vollends zu charakterisiren, muss ich noch mittheilen, dass er S. 271, 272 zum Schlusse seines Werks behauptet, die „Bemühungen durch Reizung des Sympathicus Vermehrung der Pulsfrequenz zu erzielen" seien „bisher noch immer „gescheitert." Dieser Ausspruch ist leider kein gutes Ende seines sonst schätzbaren Buchs. Nauwerck und ich haben eine besondere Abhandlung geschrieben, um zu zeigen, dass schwache Reizung des Sympathicus die Pulsfrequenz vermehrt [1]). Ausserdem — und indem ich dies niederschreibe wünsche ich eine unwillkürlich begangene Nachlässigkeit wieder gut zu machen — hat Valentin schon früher durch Reizung des Sympathicus den Herzschlag von Säugethieren häufiger gemacht und ausdrücklich hervorgehoben, dass es hierzu einer schwachen Reizung bedarf [2]); dies war mir bei der Abfassung der erwähnten Abhandlung entgangen, und so unterblieb zu unserem Nachtheil die Berufung auf Valentin's erfahrene Autorität. Dagegen erwähnte ich im Anfange jenes Aufsatzes, dass schon vor uns Burdach, Budge, Henle und Cl. Bernard, also mehre von einander ganz unabhängige Forscher, durch chemische und galvanische Reizung des Sympathicus eine vermehrte Frequenz des Herzschlags erzielt haben.

Was soll man hierzu sagen?

Ich hätte am liebsten Rosenthal damit entschuldigt, dass er in allzu freundschaftlichem Vertrauen auf das von Bezold erlassene Edict meine Aufsätze nur eines flüchtigen Blicks gewürdigt hätte. Aber Rosenthal hat diese glimpfliche, wenn auch nicht befriedigende Annahme unmöglich gemacht, indem er auf S. 260 seiner oben angeführten Abhandlung schrieb: „Moleschott hat seine Erfahrungen „in drei Abhandlungen niederlegt, welche in seinen Untersuchungen

---

[1]) Diese Zeitschrift, Bd. VIII, S. 36—51.

[2]) Valentin, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 2. Auflage, Bd. II, S. 425—427.

„enthalten sind. Er gelangt zu einem Schluss, welcher noch über „Schiff hinausgeht, indem nach ihm nicht nur die Vagi, sondern „auch die Sympathici bei gelinder Erregung die Häufigkeit des Herz„schlags vermehren, bei stärkerer vermindern oder das Herz ganz „zum Stillstand bringen sollen. Die Versuche sind mit so dankens„werther Genauigkeit mitgetheilt, dass es vollständig möglich ist, über „ihren Werth ein Urtheil zu fällen.“ Wer dieses schreibt, versichert dadurch ausdrücklich, die von ihm angeführten Abhandlungen gelesen zu haben, und wer sie gelesen hat, darf ihrem Verfasser nicht wiederholt das gerade Gegentheil in den Mund legen von dem, was dieser deutlich behauptet hat, er darf nicht eine Bemerkung ausser Acht lassen, welche nöthig ist, um einen grossen Theil der mühevollen Arbeit in das rechte Licht zu setzen, er darf schliesslich nicht — weil es ihm in den Kram passt — eine ganze Abhandlung und die darin angeführten Arbeiten von Anderen negiren.

Ich wende mich zu einem erquicklicheren, weil auf interessante Thatsachen gestützten Angriff, den Küthe in seiner oben angeführten Abhandlung gegen die von Schiff und mir vertheidigte Lehre von dem Einflusse des Vagus auf das Herz geführt hat. Auch Küthe ist ein Anhänger der Hemmungstheorie und glaubt sie gegenüber den directen Versuchen von Schiff und von mir auf indirectem Wege stützen zu können. Das Hauptargument entnimmt Küthe einer Anzahl von Versuchen, in welchen er durch Verschluss der Carotiden und Vertebralarterien die Herzschläge häufiger werden sah, während die Frequenz sank, wenn das arterielle Blut wieder frei zum Gehirn strömen konnte. Wie man sieht, handelt es sich hier um eine Anwendung des von Schiff entdeckten Einflusses, den die Zusammendrückung der Bauchaorta auf die Bewegungen des Darms ausübt; Schiff sah die Peristaltik bei Säugethieren zunehmen, so oft er die Aorta abdominalis zusammendrückte, und nach meinen Erfahrungen kann man bei Kaninchen auf sehr lebhafte Darmbewegungen rechnen, wenn man kurz vor der Eröffnung des Bauches einen Ein-

stich in das Herz macht. Dieselben Versuche, welche Küthe in grösserem Maassstabe angestellt hat, wurden ausserdem schon früher von A. Cooper und von Schiff mit dem gleichen Erfolge für die Pulsfrequenz unternommen; es verdient aber Beachtung, dass in Schiffs Versuchen die Beschleunigung des Pulses eine *vorübergehende* war [1]. Küthe deutet seine Beobachtungen so, dass er von der gestörten Ernährung der Vagi, wie sie während des Verschlusses der Arterien Platz greift, eine Lähmung der Hemmungsnerven des Herzens und daher die grössere Pulsfrequenz ableitet. Ich behaupte umgekehrt, dass die plötzliche Abschliessung des Blutstroms als ein Reiz auf die so überaus empfindlichen Vagi einwirkt und in ähnlicher Weise vermehrte Häufigkeit der Herzschläge erzeugt, wie wir bei Säugethieren in Folge von Verblutung allgemeine Zuckungen und vermehrte Peristaltik des Darmes auftreten sehen. Lässt man das Blut wieder frei zum Gehirn fliessen, dann wird jener Reiz beseitigt, und die Frequenz kehrt zu ihrer Norm zurück. Verminderung des arteriellen Bluts im Gehirn wirkt wie ein Reiz auf den Vagus; starke Vermehrung desselben, wie eine Ueberreizung. Daher sah Küthe die Pulsfrequenz bei Hunden unter die Norm sinken, als der Blutstrom in den Arterien zum Kopfe freigegeben, die Aorta abdominalis dahingegen gesperrt war [2]; der Ueberfluss an arteriellem Blut im Kopfe musste die Vagi überreizen; als die Aorta abdominalis dem Blutstrom freigegeben ward, hob sich die Frequenz wieder [3], weil nun das Gleichgewicht in der Blutvertheilung und damit der mittlere und regelmässige Reizzustand der Vaguswurzeln wiederhergestellt war. Ganz analog ist die Beobachtung Küthe's, bei welcher eine Einspritzung von Wasser, welches auf 40° C. erwärmt war, in eine Carotis den Herzschlag häufiger, eine wiederholte Einspritzung dagegen denselben seltener machte [4]; bei der ersten Einspritzung hatte er es mit einer Reizung, bei der

---

[1] Schiff, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, Lahr 1858—59, Bd. I. S. 107.

[2] Küthe, a. a. O. p. 47, 48, 58, 71.

[3] Küthe, a. a. O. p. 48.

[4] Küthe, a. a. O. p. 42.

zweiten mit einer Ueberreizung des Vagus zu thun. Um zu beweisen, dass die Modificationen, welche die Absperrung des arteriellen Blutstroms vom Kopfe bewirkt, in der Bahn der herumschweifenden Nerven vermittelt werden, hat Küthe nicht bloss bei Hunden, sondern auch bei einer Ziege — weil bei dem letztgenannten Thiere die Halsstämme der Sympathici von den herumschweifenden Nerven getrennt verlaufen — die beiden Vagi durchschnitten, und nachher blieben Absperrung und Freilassung des Blutstroms nach dem Kopfe ohne Einfluss [1]).

Was Küthe für eine Beeinträchtigung der Vaguswirkung hält, erkläre ich für eine Bethätigung derselben, nicht bloss auf die Analogie des Verhaltens anderer Muskeln bei plötzlicher Blutentziehung gestützt, sondern auf die directen, positiven Erfahrungen, welche bewiesen haben, dass elektrische, mechanische, thermische und chemische Reizung des Vagus, vorausgesetzt, dass sie schwach genug sei, die Pulsfrequenz steigert.

Wie in aller Welt soll ein zweideutiger und indirecter Versuch im Stande sein, positive und directe Ergebnisse zahlreicher Beobachtungen umzustossen? Ich glaube vielmehr, dass das Verdienst und das Interesse von Küthe's Arbeit darin liegt, dass er auf einem anderen, auch von Cooper und Schiff betretenen Wege das Material vermehrt hat, durch welches die motorische Natur des Herzvagus bewiesen wird. Er hat nur seine eigenen Versuche, weil er sie aus dem Zusammenhang mit anderen positiven Erfahrungen herausriss, falsch gedeutet.

Küthe hat ferner, um die Wirkung der Vagi aufzuheben, von Neuem zu dem Versuch gegriffen, beide Vagi zu durchschneiden. Er hat sich aber leider nicht bewogen gefühlt, die von Hufschmid und mir so nachdrücklich empfohlenen Vorsichtsmaassregeln zu beachten, ohne welche jenes Versuchsverfahren aller Beweiskraft verlu-

---

[1]) Küthe, a. a. O. p. 59, 68—71. Aus dem Zusammenhang muss man schliessen, dass Küthe bei seiner Ziege beide Vagi durchschnitt, die Erzählung des Versuchs bezeichnet jedoch nur Einen Vagus.

stig geht [1]). Es ist nämlich durchaus nothwendig, dass man unmittelbar vor der Durchschneidung beider Nerven oder vor der Durchschneidung des zweiten den Puls zählt, um den Einfluss, welchen die Anlegung der Wunde und die Präparation des Nerven ausüben, von dem der Vagusdurchschneidung zu trennen, und will man wirklich ein reines Ergebniss dieser Durchschneidung wahrnehmen, dann muss man nach der Trennung des zweiten Nerven so bald als möglich von Neuem zählen.

Wie hat es nun Küthe gemacht?

Er hat drei Mal bei Hunden, Ein Mal, wie es scheint, bei einer Ziege und Ein Mal bei einem Kaninchen die beiden herumschweifenden Nerven durchschnitten [2]). In dem ersten, zweiten und fünften Fall ist nicht angegeben, wie bald nach der Durchschneidung die Herzbewegungen gezählt wurden; in dem dritten Falle wurde der zweite Vagus um 12 Uhr durchschnitten und die erste von Küthe mitgetheilte Zahl wurde um 3 Uhr gewonnen, d. h. zu einer Zeit, wo sich das Wundfieber bereits eingestellt hatte. Bei dem vierten Versuch, der sich auf eine Ziege bezieht, ist leider nicht ausdrücklich angegeben, ob in der That beide Vagi durchschnitten wurden, wie ich S. 613 in der Note hervorhob; aber der Zusammenhang spricht dafür. In diesem Versuche wurde bald nach der Durchschneidung gezählt, und statt einer vermehrten eine verminderte Pulsfrequenz beobachtet. Somit hätte Küthe in dem einzigen Versuche, den ich eventuell als rein kann gelten lassen, auf die Durchschneidung beider Vagi alsbald eine verminderte Häufigkeit der Herzbewegungen beobachtet.

Trotzdem läugne ich nicht, dass man gleich nach der Durchschneidung beider Vagi im Vergleich zu dem unmittelbar vorher gezählten Pulse eine vermehrte Häufigkeit finden *kann*. Was ich läugne, ist, dass dieses Resultat die Regel bilde, und es müsste ausnahmslos

---

[1]) Vgl. Hufschmid und Moleschott im vorliegenden Bande dieser Zeitschrift, S. 101 u. folg. und Hufschmid in seiner Dissertation, S. 38.

[2]) Küthe, a. a. O. p. 58, 60, 68, 77.

beobachtet werden, wenn es sich bei der Durchschneidung der beiden Vagi um eine Lähmung zweier Hemmungsnerven handelte.

Im Ganzen besitze ich jetzt 22 Versuche, in welchen, stets bei Kaninchen, die beiden herumschweifenden Nerven am Halse durchschnitten wurden. Von diesen Versuchen wurden 12 mit Hufschmid, zum Theil in Gegenwart von Dr. Fudakowski, in Zürich, 10 in Turin mit den Doctoren Peyrani, Moriggia, Piso und Laura angestellt. Unter diesen 22 Fällen finden sich 3, in welchen unmittelbar nach der Durchschneidung eine anhaltend grössere Frequenz beobachtet wurde:

	Frequenz vor der Durchschneidung	Frequenz nach der Durchschneidung
in No. 1 (in Zürich beobachtet)	185	193—210
„ „ 2 („ Turin „)	160	196—184
„ „ 3 („ „ „)	224	246—282.

Unter den übrigen 19 Fällen finden sich:

3, in welchen auf eine anfangs eingetretene geringe Vermehrung alsbald (in der 2. bis 4. Minute) eine Verminderung der Pulsfrequenz sich einstellte;

1 Mal anfangs Vermehrung und bald darauf (in der 3. Minute) Rückkehr zur Norm;

8 Mal keine Veränderung;

7 Mal sogleich Verminderung.

Man sieht hieraus, was man davon zu halten hat, wenn Brown-Séquard a. a. O. sagt: „Moleschott *nie que le coeur batte plus vite après la section des nerfs vagues. Il n'y a pas en physiologie de fait plus certain que celui qu'il nie, et rien n'est plus facile que de s'en assurer*“ !?

Küthe behauptet für die Richtigkeit seiner Zahlen einstehen zu können; er hätte schon aus der Arbeit von Hufschmid und mir ersehen können, dass ich keinesfalls gesonnen sein kann, die Wahrheit seiner Zahlenangaben zu bezweifeln. Ich bestreite aber die von ihm und von Anderen vor ihm aus solchen Zahlen abgeleitete Behaup-

tung, dass die Durchschneidung beider Vagi *als solche mit Nothwendigkeit* eine vermehrte Pulsfrequenz bedingt. Die meisten Versuche, auf welche jene Annahme sich stützt, sind unreine Versuche. Die reinen Versuche ergeben am häufigsten entweder gar keine Veränderung, oder eine Abnahme der Pulsfrequenz, welche dabei auf weniger als die Hälfte sinken kann [1]; eine solche Verminderung hat Küthe selbst einmal beobachtet. Von unseren 22 Versuchen gehören 15 den zuletzt erwähnten Kategorien an. Viermal haben wir eine kurz dauernde Vermehrung gesehen, welche 3 Mal alsbald in Verminderung überging; nur 3 Mal endlich eine bleibende Vermehrung, zweimal eine erhebliche und einmal eine sehr bedeutende.

Es ist unmöglich, diese Erfolge mit der Annahme einer Lähmung von Hemmungsnerven zu reimen. Diese müsste ausnahmslos eine bedeutend vermehrte Pulsfrequenz hervorrufen, und letztere bildet vielmehr in den reinen Versuchen geradezu den seltneren Fall. Da, wo sie auftritt, ist sie unstreitig die Folge einer Reizung, welche zunächst mechanisch mit der Durchschneidung der Nerven begann und dann auf irgend eine leicht denkbare, wenn auch nicht mit Sicherheit zu bestimmende Weise in der Wunde unterhalten wurde. Für diese Auffassung sehe ich eine Bestätigung in der bekannten Thatsache, dass nach Exstirpation des Augapfels die Entzündung des centralen Stumpfs des Sehnerven Gesichtsphantasmen hervorruft. In den meisten Fällen dauert aber der gereizte Zustand der peripherischen Vagus-Stümpfe nicht fort, sondern auf die anfangs eingetretene vermehrte Frequenz folgt sehr bald eine grössere Seltenheit des Pulses, gerade so, wie dies Küthe (und ebenso auch wir) nach Durchschneidung Eines Vagus mehrfach beobachtet haben [2]. Dass der Puls in manchen Fällen nach Durchschneidung der beiden Vagi keine veränderte Häufigkeit zeigt, mag durch einen geringen Grad von Reizung zu erklären sein, welcher dem aufgehobenen Einflusse des verlängerten Markes das Gleichgewicht hält; denn ich läugne keineswegs, wie das Rosen-

---

[1] Vgl. den Versuch von Hufschmid und mir in dem vorliegenden Bande dieser Zeitschrift, S. 109, 110.

[2] Küthe a. a. O. p. 51, 55, 56.

thal mir andichtet, die stetige Innervation des Herzens durch den Vagus. Dass das Herz nach Durchschneidung beider Vagi so oft mit derselben Häufigkeit fortschlägt, dürfte wohl mit in der eigenthümlichen Einpflanzung des Nervensystems (Zellen und Fasern) in das Herz begründet sein, ausserdem aber in dem fortbestehenden Einfluss der Sympathici. Am einfachsten sind die gar nicht wenig zahlreichen Fälle, in welchen die Durchschneidung beider Vagi die Häufigkeit der Herzbewegungen herabsetzt.

Man sieht also, alles was man nach Durchschneidung der beiden herumschweifenden Nerven als eine unmittelbare und reine Folge dieses Eingriffs beobachtet, lässt sich besser mit der Annahme erklären, dass der Herzvagus ein Bewegungsnerve ist, als mit der Hemmungstheorie. Da nun alle directen und positiven Beobachtungen, sofern sie mit der gehörigen Kenntniss und Berücksichtigung des erforderlichen Reizungsgrades angestellt wurden, den Vagus für das Herz als einen motorischen Nerven erweisen, so ist kein Grund vorhanden, den einzelnen Versuchen, die sich im besten Falle *auch* nach der Hemmungstheorie erklären liessen, eine Beweiskraft beizumessen.

Ich wiederhole also: die Vagi wie die Sympathici versorgen das Herz mit leicht erschöpfbaren motorischen Fasern, — wir kennen keine Hemmungsnerven des Herzens.

Warum werden aber solche Hemmungsnerven mit solcher Vorliebe angenommen, warum wird ihre Existenz, wenn ich so sagen darf, von Einigen geradezu decretirt, mit solcher Leidenschaft decretirt, dass man Thatsachen läugnet, verschweigt und entstellt?

Der Grund liegt offenbar nur darin, dass Weber bei seinen ersten Versuchen gleich so starke elektrische Ströme anwandte, dass er durch die Vagus-Reizung eine bedeutende Verlangsamung oder Stillstand des Herzschlags beobachtete, und dass es eben *weit leichter* ist, diesen Erfolg zu erzielen, als die Reizstärke so abzustufen, dass sich der Vagus als motorischer Nerv bethätigt.

Für mich hat nur das bestimmte, positive Resultat der Versuche einen entscheidenden Werth. Aber damit auch Unbefangene Lust zu solchen Versuchen bekommen, möchte ich mir hier einige Fragen erlauben. Ist es wahrscheinlich, dass eine frohe Botschaft, die unseren

Puls beschleunigt, die Vagi überreizt? dass ein Fieber mit sehr häufigem Pulse auf eine Vaguslähmung hinweist? dass wir es dagegen in einer Ohnmacht, die durch einen grossen Blutverlust oder durch eine schreckliche Nachricht erzeugt wird, mit einer normalen Vagus-Reizung zu thun haben? Wenn durch Inanition der Puls seltner wird, ist das ein Zustand mässiger Reizung der Herznerven? und wenn umgekehrt während der Verdauung die Pulsfrequenz zunimmt, sind dann die Herznerven ermüdet? Und alle diese Ungereimtheiten werden uns durch die Hemmungstheorie aufgedrungen. Nach der Bewegungstheorie dagegen wirken erregende Gemüthsbewegungen, eine gute Nachricht, eine hoffnungsvolle Stimmung, ein Anfall von Zorn und Entrüstung, ein gutes Mahl, eine einfache örtliche Entzündung als Reize auf die Herznerven, ein heftiger Schrecken, eine übergrosse allgemeine Anstrengung des Organismus überreizt und ermüdet sie, und Hunger vermag sie zu lähmen.

Turin, 12. September 1862.